

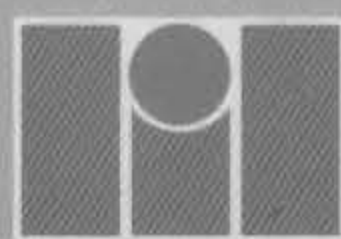
VOLUME

2

PALEONTOLOGIA

ISMAR DE SOUZA CARVALHO
(Editor)

2ª EDIÇÃO



EDITORA INTERCIÊNCIA

Sumário

APRESENTAÇÃO	V
PREFÁCIO	VII
PREFÁCIO DA 1ª EDIÇÃO	IX
CURADORIA E TÉCNICAS DE PREPARAÇÃO	1
Capítulo 1 – Curadoria Paleontológica	3
Funções e a Ética da Curadoria	4
Tafonomia nas Gavetas	5
Condições de Armazenamento	7
A Exposição de Objetos Paleontológicos	11
Referências	13
Capítulo 2 – Técnicas de Preparação de Microfósseis	17
Microfósseis Calcários	18
Microfósseis Silicosos - Radiolários	21
Microfósseis Orgânicos - Palinomorfos	22
Referências	24
Capítulo 3 – Fósseis: Coleta e Métodos de Estudo	27
Prospecção e Coleta de Fósseis	27
Preparação de Fósseis	31
Trabalhos de Laboratório e Gabinete	36
Curadoria	39
Referências	40
Capítulo 4 – Técnicas de Preparação Química para Vertebrados Fósseis	43
Preparação Química: a utilização de ácidos	43
Técnicas de Preparação Mista (Mecânica/Química)	49
Procedimentos de Segurança	49
Considerações Finais	49
Referências	58
Capítulo 5 – Metodologias Digitais Aplicadas ao Estudo de Vertebrados	51
Técnicas e Equipamentos	53
Referências	55
Capítulo 6 – Moldagem e Replicação de Fósseis	57
Réplicas	58
Produzindo Réplicas	58
JAZIGOS FOSSILÍFEROS	65
Capítulo 7 – Jazigos Fossilíferos do Brasil	67
Legislação Brasileira sobre Patrimônio Fossilífero	67
Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos	70
Principais Jazigos Fossilíferos do Brasil	70

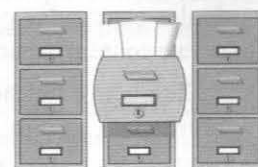
Considerações Finais	81
Referências	82
Capítulo 8 – Jazigos Paleobotânicos do Brasil	85
Jazigos Paleozóicos	87
Jazigos Mesozóicos	90
Jazigos Cenozóicos	92
Referências	93
Capítulo 9 – Fósseis de Portugal	97
Geologia de Portugal	98
Diversidade dos <i>Taxa</i>	100
Aplicações	117
Referências	120
Capítulo 10 – Educação e Paleontologia	123
A Universidade e Seu Papel na Produção e Transmissão do Conhecimento Paleontológico	124
A Importância dos Museus na Educação em Paleontologia	124
O Turismo Paleontológico: aliado ou ameaça?	125
A Mídia e a Educação Paleontológica	126
A Paleontologia na Educação Básica: Por que a paleontologia anda tão distante das salas de aula?	127
Decodificando a Linguagem Científica na Escola	128
A Paleontologia no Currículo Escolar: das experiências cotidianas aos conceitos científicos	128
O Papel dos Professores como Mediadores da Construção de Conceitos Paleontológicos na Escola	129
Referências	130
Índice Remissivo – Volume 1	131
Índice Remissivo – Volume 2	231
Autores	251

CURADORIA PALEONTOLÓGICA

Ismar de Souza Carvalho

A curadoria em paleontologia compreende um conjunto de procedimentos que visam resguardar o material fóssil, já estudado ou não, e que abrange a proteção física, catalogação e disponibilização pública. A ação de agentes físicos e químicos ambientais, distintos do contexto original em que o fóssil se inseria, tais como luminosidade, condições de umidade, temperatura e poluição, são determinantes na busca de soluções para a durabilidade dos espécimens. Os tipos litológicos que compõem os fósseis e o tempo de exposição a que estão sujeitos aos agentes ambientais são determinantes para a manutenção da integridade dos acervos. Uma coleção de fósseis é o registro documental da diversidade paleobiológica e da história geológica da Terra, e seu manejo adequado é fundamental para sua preservação destinada às gerações futuras.

As funções desempenhadas por um curador são geralmente objeto de controvérsias. Se seu papel relaciona-se ao de um pesquisador, educador ou técnico envolvido na exibição de exposições e no cuidado com as coleções (Conaway, 1978). Esse conflito resulta numa perspectiva equivocada das ações relacionadas à curadoria, vista muitas vezes como uma atividade de menor importância e prestígio acadêmico. Como indicado por Colbert (1958), o curador envolvido com



aspectos da história natural é antes de tudo um especialista, responsável e interessado em seu campo de especialização, e sua autoridade advém das pesquisas científicas que realiza. Devido à sua competência em uma especialidade, espera-se que atue na qualificação de novos pesquisadores. Some-se a tais tarefas o planejamento e a supervisão das instalações das exposições. Entretanto, o curador é antes de tudo responsável pelas coleções e sua manutenção. O curador deve ter total responsabilidade pelas coleções sob sua guarda, bem como trabalhar para o incremento da mesma.

Ao curador compete a responsabilidade de guarda, manutenção, definição dos critérios de uso, seleção dos materiais a serem incorporados à coleção e ações voltadas para a educação e pesquisa. Sua função transcende a de um "organizador de gavetas", pois cada elemento de uma coleção paleontológica é único e, caso perdidos, são insubstituíveis. Não importa se existe mais de um exemplar atribuído a uma mesma espécie. Se representam holótipos ou não. Todos devem ser entendidos num contexto amplo de acervo científico e que representam parte da história da vida. Assim, as funções do curador situam-se neste contexto multifacetado, devendo em especial garantir as condições de perenidade do acervo.

Funções e a Ética da Curadoria

A preservação de um espécimen poderia ser potencializada caso nunca ocorresse sua manipulação, e se fosse mantido em condições de controle térmico e de umidade (Bradley, 2001). Entretanto o curador deve garantir a segurança dos fósseis, realizando um controle tal que retarde ou impeça a deterioração e defina regras para seu uso e exposição. Este controle deve ser constante, com levantamentos regulares dos acervos e vistoria das condições ambientais em que se inserem. Mesmo sem grande disponibilidade financeira, a curadoria deve ter a preocupação com o adequado armazenamento dos fósseis, o qual pode ser melhorado segundo Bachmann & Rushfield (2001) através de manutenções regulares, evitando a poeira e outras partículas carregadas pelo ar, que atraem insetos, é abrasiva e contém esporos de fungos.

Também é função do curador a decisão sobre os espécimens a serem incluídos em uma coleção paleontológica. De acordo com Molnar (1996) prioritariamente os que devem ser incluídos em um acervo museológico são: os que representam novos *taxa*; espécimens de interesse local; os que apresentam estruturas não presentes, ou pouco preservadas em espécimens já coletados; os que denotam aspectos patológicos; os que representam estágios de um ciclo de vida, ou sexual; espécimens que indicam novas ocorrências geográficas ou temporais. Tal concepção, de priorização dos objetos de uma coleção paleontológica, relaciona-se essencialmente à impossibilidade de acondicionar todo o material advindo das coletas de campo aos espaços físicos institucionais destinados a tais acervos. As coleções de fósseis devem ser entendidas como materiais científicos perpetuados e disponíveis para novos estudos, e não como depósitos de objetos da curiosidade científica.

O curador de uma coleção paleontológica deve ter antes de tudo ética na composição do acervo de sua instituição. A definição do termo ética não é entretanto muito precisa, variando do ponto de vista do observador e do contexto de sua aplicação. Porém, a ética envolve em colocar o desejo público além do institucional e do interesse profissional pessoal. A ética vai além da essência de nossas crenças, inibindo nossa liberdade de atuar isoladamente para nossos próprios ganhos, demandando um senso de responsabilidade para com os outros (Boyd, 1991). A má ética produz ciência de má qualidade. A ciência de boa qualidade somente pode ser baseada em práticas éticas que incluem desde o

conhecimento da origem do espécimen, pesquisa e curadoria, interpretação e publicação (Besterman, 2001). Tal situação é muito bem exemplificada por Padian (2000) em sua análise sobre a compra de fósseis por instituições científicas. Seu estudo avalia a comercialização de fósseis da China, indicando a publicação de informações errôneas, em função de fósseis deliberadamente falsificados destinados ao comércio internacional. Também fósseis cretácicos oriundos da Bacia do Araripe são deliberadamente adulterados e vendidos no mercado internacional. Há a composição de indivíduos de uma mesma espécie, ou de espécies diferentes, assembleias de espécies, alteração da morfologia dos *taxa*, confecção de partes que faltam, modificação da coloração (por adição de tintas ou ceras) e mesmo a inclusão em carbonatos de animais e vegetais recentes (Martill, 1994). Apesar de em algumas situações tais falsificações serem facilmente reconhecidas, há inúmeros casos em que houve a montagem de espécies descritas cientificamente e compradas no ilegal mercado de fósseis (Martill *et alii*, 1996; Sereno *et alii*, 1994; Sues *et alii*, 2002). Fósseis comumente forjados são aqueles imersos em âmbar. Grimaldi *et alii* (1994) analisaram diversas inclusões em pressupostos âmbares, as quais mostraram-se como imersões de animais e plantas atuais em resinas naturais (por exemplo copal) ou sintéticas (poliester). Grimaldi *et alii* (1994) e Bauer & Branch (1995) indicaram diferentes técnicas que possibilitam a distinção entre as falsificações e o material autêntico. Tais situações são facilmente contornadas quando o curador incorpora espécimens nas coleções institucionais sabendo sua origem, contexto de ocorrência e obedecendo a legislação (Besterman, 2001; MacDonald, 1991).

Outro aspecto importante da curadoria relaciona-se à sua influência nas ações voltadas para a educação (Barreto *et alii*, 1999; Carvalho *et alii*, 1999; Machado & Senra, 1999; Marconato & Bertini, 1999; Moita *et alii*, 1999; Pereira *et alii*, 2001; Silva *et alii*, 2001; Souza-Lima *et alii*, 1999; Vega, 1999). Segundo Grynszpan (2002), atualmente a museologia de objetos deu lugar à uma museologia de idéias, na qual os objetos são contextualizados e mostrados com um sentido. O desafio neste novo cenário seria o equilíbrio entre a manutenção das coleções como missão de garantir a herança do patrimônio da cultura científica e a difusão do conhecimento científico. Um bom exemplo é apresentado por Clarke (2002) em sua análise do processo de modernização do Museu de Geologia, em Londres.

Segundo este autor, o trabalho de um curador não se resume mais à organização de coleções em vitrines, com etiquetas eruditas, deixando o objeto falar por si próprio. Para as ações relacionadas à educação em ciência, a qual envolve o pensamento abstrato, necessita-se de uma comunicação bem-sucedida com o público, estimulando-o a concentrar-se no assunto exposto e a convencê-lo da importância do mesmo.

Em relação à disponibilização dos acervos científicos e de ações direcionadas à educação, um bom caminho é o do uso das novas tecnologias de informação (Sabourin *et alii*, 1999). Através do uso da *Internet* há a possibilidade de uma maior interação entre pesquisadores e o público em geral com as instituições científicas. Assim, através da tecnologia pode-se expandir as ações voltadas para a educação pública (Sarraf, 1999; Thomas, 1999), bem como avaliações quantitativas e qualitativas do acervo disponível (Abuhid *et alii*, 1999; Fairchild *et alii*, 1999; Souza-Lima & Souza-Lima, 2001).

Tafonomia nas Gavetas

Durante os eventos que conduzem à preservação de um organismo como fóssil, muitos são os elementos que atuam nesta transformação. Entendemos como Tafonomia a este conjunto de processos que originam o exemplar fóssil como o descobrimos no afloramento. Posteriormente, estarão sujeitos a toda uma série de processos relacionados ao intemperismo físico, químico e biológico, que tanto decompõem a rocha, como o próprio fóssil. A coleta de um fóssil, e sua posterior incorporação ao acervo de uma coleção, não é garantia para sua maior durabilidade. Há posteriormente à sua incorporação em uma coleção, um conjunto de fenômenos que podemos designar genericamente como uma "Tafonomia nas Gavetas", também responsável pela decomposição do fóssil.

O primeiro aspecto importante na manutenção de um acervo paleontológico relaciona-se às condições ambientais do local onde se situa a coleção. Mendes *et alii* (2001) indicam que o processo de deterioração dos materiais têm quase sempre uma relação direta com fatores intrínsecos dos meios utilizados para sua guarda. Neste contexto incluem-se: manejo e/ou exposição inadequadas; ação de insetos e roedores; crescimento de fungos e ou outros microorganismos; ação de poluentes atmosféricos; material inadequado para acondicionamento, transporte e exposição; danos

causados por variações bruscas e intensas de umidade e temperatura combinadas; infiltrações devido a tubulações hidráulicas ou pluviais defeituosas; incêndios por curto-circuito; corrosão metálica; edificações não adaptadas para abrigar acervos; atos de vandalismo, furto ou roubo de peças da coleção. Assim, a expectativa de que um exemplar acondicionado em uma coleção tenha uma preservação infinita não é verdadeira (Bradley, 2001). De acordo com King & Pearson (2001) o controle ambiental para fins de conservação expressa-se pela manutenção da luz, temperatura, umidade relativa, limitação de poluentes atmosféricos, tais como gases, partículas e esporos de fungos, e eliminação de insetos e roedores. No caso do controle de pragas de insetos, Williams & Walsh (1989) ressaltam a necessidade de estratégias de controle químico que evitem reações destrutivas sobre o acervo ou que se mostrem ineficazes no controle de pragas.

A deterioração dos fósseis, a partir de sua incorporação aos acervos paleontológicos, tem quase sempre uma relação direta com a natureza da matriz rochosa em que se inserem, ou com sua composição mineralógica. As condições de temperatura e umidade também são fatores determinantes – climas quentes e úmidos são extremamente agressivos nos processos de deterioração, pois a umidade e o calor afetam em muito a velocidade das reações químicas e facilitam a colonização de superfícies expostas por fungos. Assim, materiais carbonáticos são muito susceptíveis ao ataque por soluções ácidas. Ambientes poluídos, com CO₂ e CO, gases comuns na atmosfera das grandes cidades, são determinantes nos fenômenos corrosivos. Elementos orgânicos, tais como os palinoformas, quando em ambientes de grande umidade, estão sujeitos a servirem como substrato nutritivo para fungos e bactérias. O aspecto gerado é o de um tufo de filamentos ("lâminas cabeludas") que destroem progressivamente as estruturas anatômicas do fóssil (figura 1.1). Em condições muito secas, o processo de desidratação em rochas ricas em matéria orgânica, tais como os folhelhos, conduz ao ressecamento e contração, produzindo fissuras e muitas vezes acentuado descamamento. Por outro lado, a presença de materiais muito higroscópicos na rocha matriz, como por exemplo gipsita, anidrita e carnalita, e a posterior migração de sais advindos da decomposição destes minerais em condições de elevada umidade ambiental, é outro dos fatores de risco para os fósseis. Em rochas com alto conteúdo de carbono orgânico, a presença de sulfetos e sulfatos também é responsável pela geração de películas

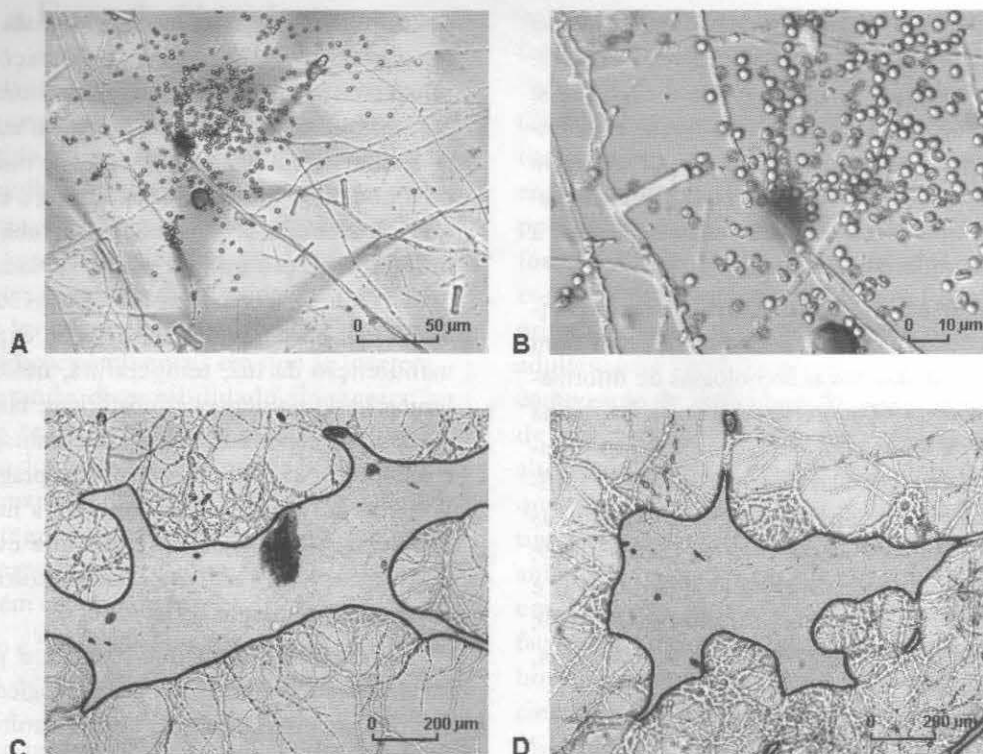


Figura 1.1 (A) Vista geral do campo de uma lâmina palinológica montada com bálsamo do Canadá. Os esporos de fungo concentram-se ao redor de um palinomorfo em decomposição (mancha escura em meio à nuvem de esporos de fungo). (B) Detalhe do campo mostrado em (A). Hifas e esporos de fungo sendo produzidos dentro da lâmina deteriorada. (C) Lâmina palinológica montada com gelatina glicerinada. Uma "ilha" de gelatina preservada em meio a um "mar" de hifas. O palinomorfo que aparece no centro da fotografia (mancha escura) tem seus dias contados. (D) Uma "ilha" de gelatina em meio a "mar" de hifas. Repare na ocorrência de hifas pioneiras (filamentos finos) já instaladas dentro da "ilha". Fotografias digitais obtida diretamente ao microscópio Zeiss por Cecília Cunha Lana.

esbranquiçadas tais como as observadas em mesossaurídeos da Formação Irati (Permiano, Bacia do Paraná).

Alguns tipos de fósseis, como as inclusões em âmbar, demandam grandes cuidados. Luz forte, aquecimento e o próprio ar destroem a superfície do âmbar após longos períodos de tempo. Os sintomas da degradação superficial são o escurecimento e um retículo de finas fraturas. Estes aspectos são facilmente observáveis em copal e resinas recentes, pois são menos polimerizadas e os voláteis escapam mais frequentemente. Porém, o âmbar também está susceptível a tais processos, tornando-se escuro com o tempo e oxidando-se como resultado da exposição constante ao ar. Há assim, uma considerável variação natural na intensidade da cor. Grimaldi (1993) indicou que o armazenamento de fósseis imersos em âmbar deve ser feito em locais escuros, inclusos em recipientes selados e em ambientes aclimatados. As etiquetas

colocadas em contato com as amostras de âmbar devem ser feitas em papel não-acidificado. No caso de espécimens importantes recomenda-se a imersão das amostras em resinas sintéticas ou naturais (bálsamo de Canadá).

No estudo de vegetais terrestres primitivos do Siluro-Devoniano, Wellman *et alii* (1996) apresentam um problema novo no âmbito da curadoria: a impossibilidade de integridade física do fóssil em função do método de estudo. Os vegetais terrestres do Siluro-Devoniano são formas normalmente pequenas (1-2 cm) fossilizadas como compressões incarbonizadas. Há também formas preservadas tridimensionalmente. Para o estudo destes fósseis é utilizada a técnica de maceração, com posterior ataque químico para dissolução do material inorgânico. O resíduo (fósseis) é então separado e montado em *stubs* para observação ao microscópio eletrônico de varredura (MEV) e microscópio eletrônico de transmissão (MET). Durante

o estudo, as amostras são progressivamente "dissecadas" para a análise das diferentes estruturas anatômicas. Tal situação resulta numa progressiva destruição do exemplar, restando apenas um documentário fotográfico. Além disso, há um limite temporal de estocagem dos fósseis, os quais após isolados tornam-se ressecados e extremamente frágeis, fraturando-se sob efeito de pequenas vibrações. Num intervalo de cinco anos, os fósseis apresentavam profundas alterações, a ponto de não reconhecimento da espécie à qual originalmente haviam sido atribuídos. Adicionalmente, o tempo de vida dos espécimens fica condicionado ao adesivo utilizado nos *stubs*, que dificultam a remoção, fraturando os exemplares ou conduzindo os mesmos a afundarem no adesivo. Assim, Wellman *et alii* (1996) demonstraram que o armazenamento destes fósseis é problemático, já que necessitam ser fragmentos para um estudo adequado, o que destrói algumas de suas partes ou feições. Consequentemente não existe uma coleção convencional baseada em espécimens para um futuro exame por outros pesquisadores. Os que desejarem reexaminar os exemplares terão de se basear na informação (documentada e publicada/fotografias não publicadas) registrada pelos cientistas que realizaram a investigação inicial. Como o número de fotografias em uma publicação é limitado, a maior parte do registro documental fotográfico é arquivada no próprio laboratório dos pesquisadores. Estabelece-se assim um banco de imagens, incluindo descrições, informações quantitativas e um registro pictórico de todas as informações relevantes desde o tratamento inicial do fóssil. A curadoria transforma-se assim, da curadoria de um objeto físico (fóssil) para a curadoria de um objeto digital (registro fotográfico).

Um aspecto problemático da preservação refere-se às condições ambientais em que estão acondicionados os acervos, em especial nas condições climáticas tropicais. Em situações de umidade relativa acima de 70% pode haver o crescimento de fungos e bactérias. A análise geral das condições de armazenamento para diferentes tipos de objetos museológicos indica, como ideal, um nível de umidade relativa entre 40% e 70%, sendo uma condição difícil de ser mantida em climas tropicais. A variação da umidade relativa faz com que matrizes que contenham materiais higroscópicos contraíam-se sob condições mais secas e à medida que há o aumento da umidade, haja a absorção d'água e um subsequente inchamento, havendo assim um verdadeiro processo de

intemperismo físico sobre os materiais acondicionados nas coleções. Além disso, geralmente há o uso da ventilação natural e artificial, o que significa a entrada de agentes poluentes do ar e uma oscilação constante das condições de temperatura e umidade relativa. Deve-se ter em atenção que o ambiente adequado para os acervos científicos não é necessariamente o que é fresco, mas o que se demonstra estável (Craddock, 2001; Pearson, 2001; Stollow, 1966 a,b).

Os acervos paleontológicos estão geralmente localizados em coleções de universidades e museus, os quais destinam-se quase sempre ao trabalho de pesquisa, exposição e atividades voltadas ao ensino. Esta divisão das finalidades de uma coleção é de extrema importância para a definição dos meios de conservação. No caso de coleções destinadas à pesquisa e composta por um acervo que abranja elementos das séries-tipo, um aspecto fundamental é o da segurança. Segundo Bradley (2001), o efeito segurança de uma coleção consiste na limitação do acesso aos objetos do acervo. A restrição das pessoas autorizadas a manusear os objetos de grande valor acadêmico potencializaria a estabilização e proteção dos mesmos, contribuindo decisivamente para sua durabilidade. A manipulação constante de espécimens e a falta de normas para seu manuseio produz danos causados pelo atrito, trepidação, oleosidade das mãos e que conduzem à fragmentação e mesmo perda total.

Condições de Armazenamento

Desde a retirada do fóssil de um afloramento o armazenamento do mesmo deve estar entre nossas prioridades. Não basta simplesmente sua descoberta, sem que haja uma preocupação com as condições de transporte até o local de estudo e posterior inclusão em uma coleção. Muitas vezes o armazenamento dos fósseis após seu estudo é negligenciado, relegando-o a um papel secundário. As condições de um armazenamento bem estruturado e organizado são fatores determinantes para a preservação futura do mesmo (figura 1.2). Segundo Bachmann & Rushfield (2001) esta etapa do trabalho de curadoria, proporcionando o melhor armazenamento e acondicionamento possível, é o primeiro e mais importante passo para a preservação de nossos bens culturais. Na análise apresentada por Colbert (1965) o armazenamento seguro dos fósseis deve ser realizado em condições de baixa umidade. Apesar da poeira não ser especialmente danosa é preferível mantê-los limpos.



A



B

Figura 1.2 Armazenamento de macrofósseis da coleção da Universidade Federal do Rio de Janeiro – Departamento de Geologia (UFRJ-DG). (A) Acondicionamento dos fósseis em mobiliário de madeira e em (B) gaveteiros de aço. Fotografias de Pedro Henrique Nobre.

Pequenos exemplares devem ser acondicionados em gavetas, e dispostos em recipientes (caixas) adequados. É desejável que os espécimens dentro das gavetas sejam alocados em caixas individuais, com sua

identificação. Os que forem frágeis devem ser dispostos sobre algodão. Aqueles de tamanho muito pequeno, em tubos de vidro ou plástico.

O planejamento é uma das etapas importantes para um adequado armazenamento. E para tanto é necessário o conhecimento da natureza do acervo. Uma coleção de macrofósseis de vertebrados, por exemplo, deve ter condições de acondicionamento bastante distintas de uma coleção de microfósseis de vertebrados. Enquanto os de grande dimensões podem ser acondicionados em gavetas ou em estantes abertas (figura 1.3), os de natureza microscópica requerem outros procedimentos. O armazenamento em condições abertas, em grandes estantes de aço ou madeira, facilita a visibilidade e acessibilidade dos pesquisadores, mostrando-se adequados e seguros (Colbert, 1961) desde que haja um rígido controle de uso das coleções (Wolf, 1981). No caso de microfósseis de vertebrados (dentes, escamas e pequenos ossos), os espécimens devem ser



Figura 1.3 Espécimens de grandes dimensões, como lajes com pegadas fósseis podem ser dispostas em estantes vazadas de aço. Coleção da Universidade Federal do Rio de Janeiro – Departamento de Geologia (UFRJ-DG).

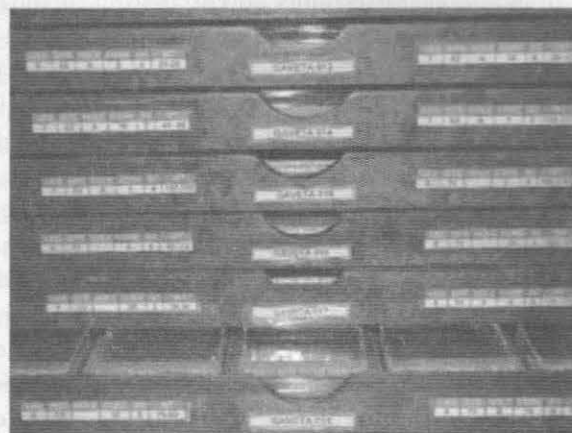
guardados isoladamente, montados em pinos metálicos dentro de tubos de vidro ou silicone (figura 1.4) e posteriormente acondicionados em uma caixa. Nunca devem ser mantidos soltos, e quando removidos para estudo devem ser manipulados individualmente (para evitar a confusão dos exemplares) em uma bandeja com areia (Ward, 1984).

Entretanto, indiferente das dimensões dos materiais paleontológicos a serem guardados, há um ponto comum no que se refere ao armazenamento: o registro adequado das informações concernentes aos fósseis. Um espécimen sem dados é um espécimen sem valor (Colbert, 1965). Os fósseis devem ser catalogados e individualmente numerados com tinta nanquim preta, a qual após seca deve ser recoberta por uma camada de esmalte incolor, o qual previne a descoloração dos números. Em Wood & Williams (1993) são encontradas as análises de diferentes tipos de tinta preta para registro em coleções. A degradação sob ação da luz, resitência aos fluidos, viscosidade e lasqueamento foram avaliadas, indicando a maior ou menor adequação destas, para as necessidades curatoriais. Considera-se também importante a existência de etiquetas com os espécimens, com as informações pertinentes a cada um. Dados como origem do material, coletor, data de coleta, são fundamentais para estudos presentes e futuros dos próprios fósseis e/ou de outros materiais utilizados para comparações (figura 1.5). Cadernetas de campo, cartas e demais fontes de informação devem ser cuidadosamente guardadas para referências futuras

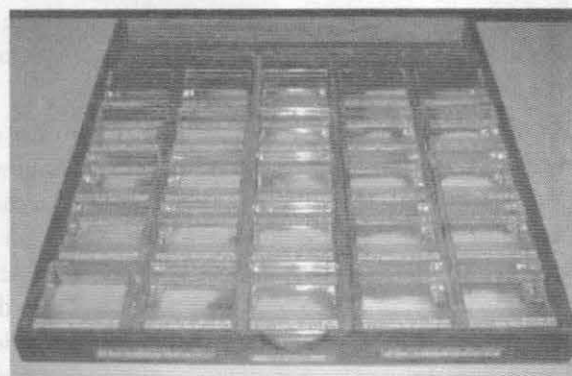


Figura 1.4 Exemplares de microfósseis de vertebrados, tais como dentes de mamíferos, devem ser fixados em uma haste metálica e incluídos em recipiente plástico ou de vidro. Na ilustração um dente de mamífero da Bacia de São José de Itaboraí (UFRJ-DG 319 M).

(Colbert, 1965). A existência de um catálogo (livro de tomo), com o lastreamento e numeração de todos os exemplares é fundamental para o controle individual de cada elemento da coleção. É importante a divulgação



A



B



C

Figura 1.5 Coleção do Ocean Drilling Program – Centro de Referência em Microfósseis da UFRJ. O mobiliário específico (A, B) guarda amostras com foraminíferos, as quais são acondicionadas em caixas plásticas, com especificações sobre a localização da coleta. Fotografias de Alex Bezerra Ferreira.

e publicação dos conteúdos dos acervos institucionais, em especial no que se refere à série-tipo, tais como as publicações de Campos (1985), Fernandes & Fonseca (2001), Henriques *et alii* (2000) e Macedo *et alii* (1999) que facilitam a busca do repositório dos fósseis de referência científica. Atualmente, os catálogos informatizados são comuns, porém como ressaltado por Rivard & Miller (1991) e Squires (1966) a qualidade da documentação (incluindo as bases de dados) é consequência da qualidade do trabalho desenvolvido na classificação e organização das coleções, e não a dos materiais e equipamentos utilizados para o processamento das informações. Nunca se deve presumir que os computadores são mais inteligentes e produtivos que seus operadores. Na definição dos parâmetros descritivos das coleções de fósseis, pode-se adotar as proposições de Squires (1970) que incluem uma hierarquia taxonômica da classificação biológica, localização geográfica, distribuição vertical (profundidade, altitude, idade geológica, nível estratigráfico), nome do coletor e data da coleta, organizados através de um número único de catálogo para cada espécimen ou grupo de espécimens.

A localização do acervo é outro ponto de destaque nas ações curatoriais. As coleções devem estar em locais higienizados, afastadas das paredes externas, encanamentos de água e da luz do dia (Bachmann & Rushfield, 2001). Além disso, a boa armazenagem deve ser acessível, permitindo uma fácil movimentação dos objetos e pessoas. Normalmente utilizamos armários, prateleiras, arquivos com gavetas, confeccionados em madeira ou aço. Os produzidos em madeira têm geralmente manutenção mais fácil, apesar de estarem sujeitos ao ataque de pragas com maior frequência. Já os de aço, apesar da durabilidade, têm custo de aquisição alto e, em áreas litorâneas, mostram-se sujeitos aos processos de oxidação. Fósseis de grandes dimensões podem ser guardados diretamente em estantes ou armários, enquanto que os menores devem preferencialmente ser acondicionados em pequenas caixas individuais. A disposição dos fósseis nas coleções é outro aspecto importante do armazenamento. Aqueles de caráter mais frágil devem ser acondicionados em espaços reservados e seguros, garantindo sua maior segurança. Há também de se levar em conta a natureza da coleção que está sendo armazenada. Assim, lâminas que contenham palinomorfs (pólenes, esporos, acritarcos, dinoflagelados) devem ser acondicionadas em posição horizontal. Evita-se o deslocamento das substâncias adesivas entre a lâmina e a lamínula, que

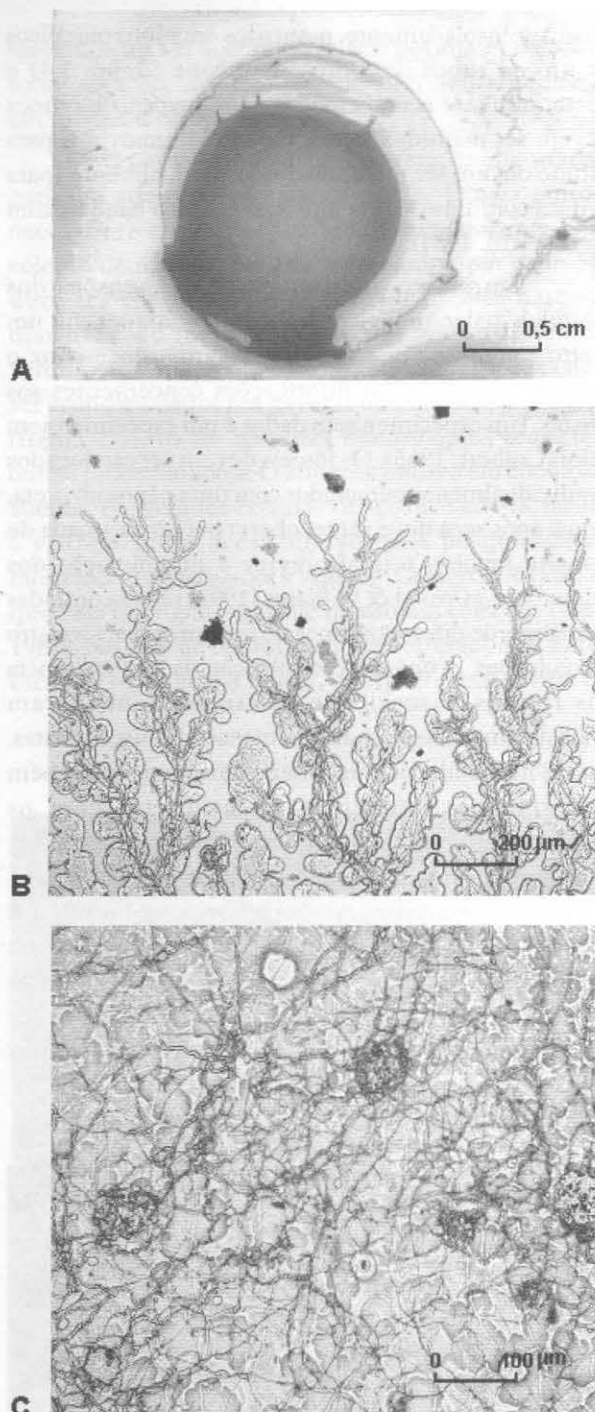


Figura 1.6 Lâminas palinológicas, originalmente montadas com bálsamo de Canadá, em processo de descolamento. (A) Descolamento concêntrico resultante do processo de liquefação do bálsamo de Canadá. (B) A frente de descolamento adquire aspecto semelhante a um dendrito e acomoda os primeiros filamentos de hifas de fungo. Não há mais matéria orgânica fóssil (fragmentos escuros) nas partes invadidas pelo "dendrito". (C) Porção da lâmina totalmente tomada por fungos que formam um emaranhado de hifas. (B) e (C) Fotografias digitais obtidas diretamente ao microscópio Zeiss por Cecília Cunha Lana.

em posição vertical possibilitam a entrada de ar. Neste caso pode resultar um posterior descolamento da lamínula (figura 1.6), conduzindo à perda dos espécimens (João Graciano Mendonça Filho, informação verbal). Outro aspecto relativo à fluidez das resinas adesivas refere-se à modificação das coordenadas de localização dos fósseis em relação à descrição original. Dependendo do tipo de substância adesiva, também podem ocorrer fissuras e nos casos de montagem com “gelatina” glicerínada, uma rápida deterioração (Mitsuru Arai, informação verbal), como os observados nas figuras 1.7 e 1.8.

Também relacionado ao armazenamento dos fósseis é o seu manuseio. Bachmann & Rushfield (2001) abordam esta questão enfatizando que “nenhum objeto deve ser retirado do local em que se encontra, enquanto outro espaço não estiver preparado para recebê-lo. Objetos pesados, grandes ou desajeitados nunca devem ser deslocados por uma única pessoa. Devem-se usar bandejas ou plataformas forradas para transportar as peças e todas as pessoas que deslocarem objetos devem estar com as mãos limpas”. Apesar destas normas de manuseio destinaram-se a objetos de caráter arqueológico ou histórico, são perfeitamente aplicáveis aos fósseis. No caso do deslocamento dos fósseis do acervo, um ponto é fundamental: após analisá-los, retorne-os ao local de armazenamento. Assim haverá a garantia de um controle efetivo sobre a coleção.

A Exposição dos Objetos Paleontológicos

O projeto de uma exposição paleontológica deve contemplar a emoção e a perplexidade do visitante frente aos materiais expostos, possibilitando o aprendizado através da descoberta (Rennes, 1978). A motivação deve ser assim o principal objetivo a ser alcançado quando de uma exposição com fósseis. Indiferente do público-alvo, devem existir elementos de grande comunicabilidade e de fácil compreensão pública. Ao curador cabe a função de tradução aos visitantes leigos da importância do objeto científico, e de sua utilização em ações educativas.

Um aspecto importante neste contexto é o das informações explicativas dos fósseis. Como analisado por Kanel & Tamir (1991) – diferentes etiquetas, diferentes aprendizados. Na ausência de um instrutor competente, as etiquetas são os elementos mais comuns

e possivelmente a melhor interface entre a exibição e os visitantes. O desenho gráfico e o conteúdo destas deve ser adequado para uma rápida compreensão do objeto exposto.

Deve-se evitar a exposição de fósseis que sejam raros ou que constituam parte da série-tipo. Trata-se de um procedimento que visa a resguardar a integridade de materiais de extrema relevância científica. Em caso de serem exemplares importantes para o conteúdo da exposição, sugere-se a confecção de réplicas ou apenas ilustrações dos mesmos. Os procedimentos para a execução de réplicas pode ser encontrado em autores tais como Almeida & Carvalho (1999), Godoi (2002), Goldfinger (1992), Jensen (1961), Klein (2002), O'Brien (1961), Schrimper (1973), Schwanke *et alii* (1999) e Waters & Savage (1971).

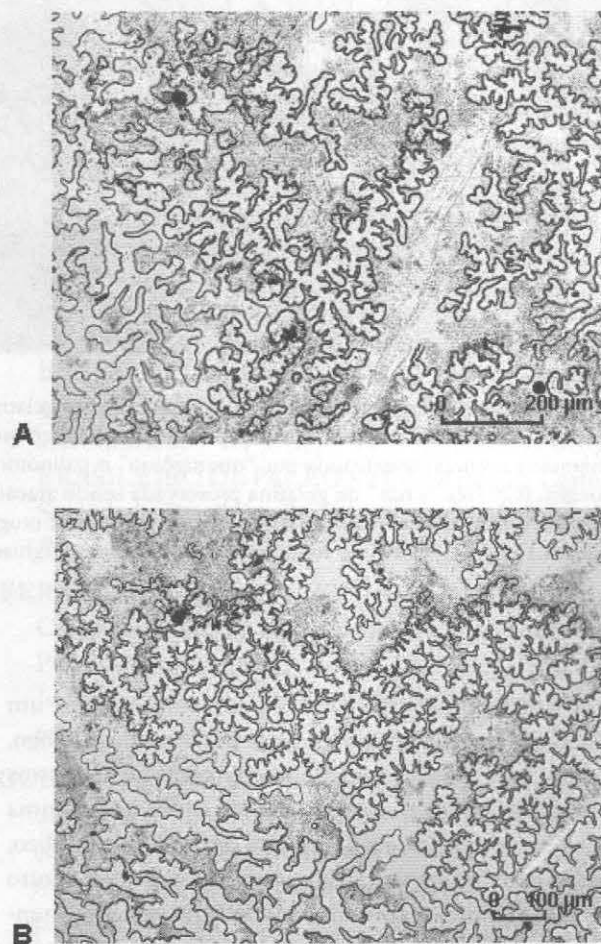


Figura 1.7 Lâmina montada em bálsamo do Canadá exibindo diferentes padrões (A, B) de descolamentos dendríticos. Fotografias digitais obtidas diretamente ao microscópio Zeiss por Cecília Cunha Lana.

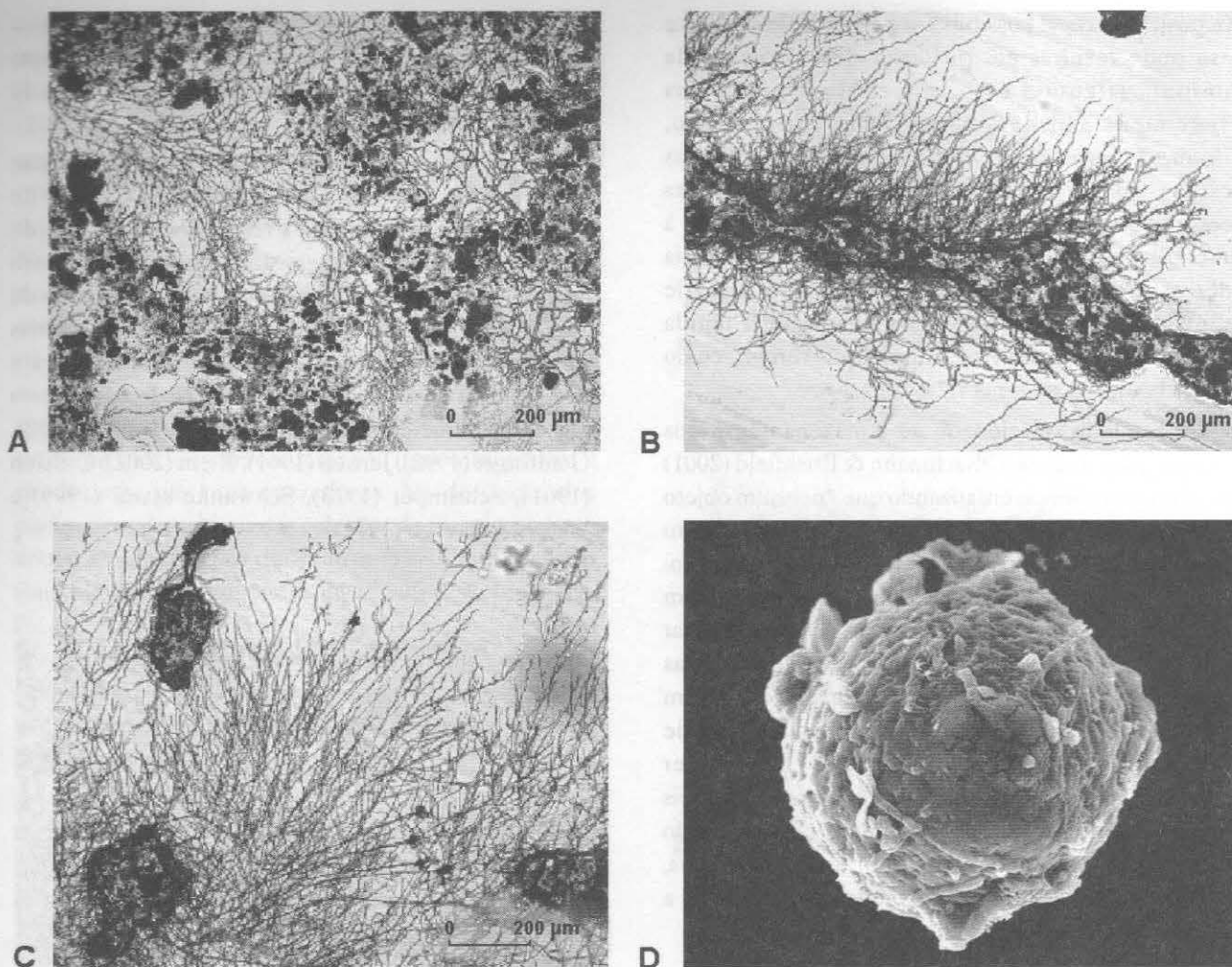


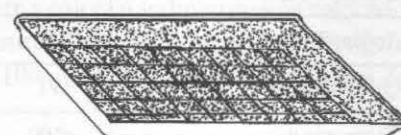
Figura 1.8 Lâminas palinológicas montadas com gelatina glicerizada. (A) Porção de lâmina palinológica com a interdigitação entre a parte dominada por hifas e a preservada. Repare que a parte preservada contém ainda a matéria orgânica sedimentar (manchas escuras) constituída por “querogênio” e palinomorfos. (B) Filete de gelatina preservada sendo atacada por hifas de fungos. (C) Três “ilhas” de gelatina preservada sendo atacadas por hifas de fungos. Observe que em (B) e (C) não existe mais matéria orgânica preservada na parte tomada por hifas. Fotografias digitais obtidas diretamente ao microscópio Zeiss por Cecília Cunha Lana. (D) Hifas de fungo sobre pólen de Malpighiaceae. Fotomicrografia de Orthrud Monika Barth.

A exibição dos fósseis pode ser feita por um curador, o qual não é necessariamente um paleontólogo. Porém, sempre dois cuidados devem ser tomados: se os fósseis são pequenos, colocá-los sob a proteção de uma vitrine, protegendo-os do contato direto com o público; se são grandes em demasia para serem expostos dentro de uma vitrine – colocá-los atrás de barreiras, novamente como um grau de proteção do público. Os fósseis representam investimentos em tempo e em recursos financeiros, sendo necessários cuidados em relação ao manuseio, vibrações e até mesmo marcas de dedo (Colbert, 1965).

Além dos fósseis, dioramas, reconstruções, vídeos e equipamentos de informática são elementos úteis na elaboração de uma exposição paleontológica. Os multimeios são importantes para uma percepção diferente do significado dos fósseis. Através do uso do vídeo e animações, os animais estáticos em dioramas, podem ganhar vida, levando à uma viagem no tempo, apresentando relações ecológicas entre animais e plantas já extintos (Diamond *et alii*, 1995). Uma tecnologia fundamental para ações educacionais.

TÉCNICAS DE PREPARAÇÃO DE MICROFÓSSEIS

Maria Dolores Wanderley



Neste tópico abordaremos algumas técnicas usadas para separar os microfósseis da matriz rochosa (folhelhos, arenitos, siltitos, carbonatos, *cherts* e margas). São técnicas que visam a orientar os que pretendem trabalhar com os microfósseis, incluindo a fase de preparação da amostra.

Inicialmente, chamamos a atenção para a importância da tentativa, ou seja, a medida que fazemos testes e controlamos as variáveis do processo (tempo de exposição a produtos químicos, tempo de decantação, tempo de centrifugação, abertura da malha de peneiras), e mudando essas variáveis quando necessário, certamente iremos aprimorar os resultados. Chamamos a atenção também, para o resultado negativo, ou seja, afirmar que uma amostra não contém microfósseis, às vezes, pode significar apenas que não se usou a metodologia de extração adequada. Por esse motivo, devemos nos ater à essência do método, ir testando e mudando as variáveis caso necessário.

O conhecimento da composição química ou mineralógica do microfóssil, bem como da rocha em que ocorrem, é básico na escolha do método a ser utilizado. Normalmente, usam-se reagentes químicos visando destruir os componentes mineralógicos ou orgânicos indesejados e separar ou concentrar os microfósseis. As carapaças são, na sua maioria, calcárias, silicosas, orgânicas e fosfáticas. Os microfósseis fosfáticos não serão aqui abordados.

Conhecer o tamanho dos microfósseis também é importante, pois condiciona tanto os procedimentos de separação, como a escolha do instrumento óptico a ser utilizado em seu estudo. É necessário lembrar que variáveis como mineralogia da rocha, porosidade, idade, grau de diagênese, tipo de estrutura das carapaças, também devem ser consideradas.

Composição química das carapaças dos taxa mais estudados

Taxon	Calcária	Silicosa	Orgânica	Aglutinada
Foraminíferos	X	X	X	X
Ostracodes	X		X	
Nanofósseis	X			
Calpionelídeos	X			
Tintinídeos			X	X
Macroalgas (fragmentos)	X			
Radiolários		X	X*	
Diatomáceas		X		
Pólen e esporos			X	
Acritarcas			X	
Quitinozoários			X	
Tasmanitídeos			X	
Dinoflagelados	X	X	X	

*(Com sílica)

Tamanho das carapaças dos *taxa* mais estudados

Taxon	Tamanho mínimo		Tamanho da maioria					Tamanho máximo	
	μ	mm	μ	mm		μ	mm	μ	mm
Foraminíferos	100	0,1	62	0,062	a	1.000	1	190.000	190
Ostracodes	300	0,3	150	0,15	a	2.000	2	80.000	80
Nanofósseis	0,25	0,025	1	0,001	a	15	0,015	50	0,05
Calpionelídeos	40	0,04	45	0,045	a	75	0,075	150	0,15
Macroalgas calcárias (fragmentos)	-	-	1.000	1	a	3.000	3	-	-
Radiolários	10	0,01	50	0,05	a	250	0,25	2.000	2
Diatomáceas	5	0,005	20	0,02	a	200	0,20	2.000	2
Pólen e esporos	5	0,005	20	0,02	a	40	0,04	>200	>0,2
Acritarcas	5	0,005	20	0,02	a	150	0,15	250	0,25
Quitinozoários	30	0,03	150	0,15	a	300	0,30	2.000	2
Tasmanitídeos	<100	<0,1	-					>600	>0,6
Dinoflagelados	5	0,005	20	0,02	a	150	0,15	2.000	2

Microfósseis Calcários

A. Foraminíferos e ostracodes

Os foraminíferos e ostracodes são liberados da rocha pelo mesmo processo. Isto se deve ao fato de possuírem carapaça de mesma composição química e tamanho médio aproximadamente iguais. Os foraminíferos são encontrados normalmente em rochas de origem marinha, sendo comuns em folhelhos, arenitos finos e carbonatos. Os ostracodes são comuns em rochas de origem não marinha como folhelhos e também em rochas de origem marinha. O método normalmente utilizado para separá-los da matriz é o de Boltovskoy & Wright (1976) e seu êxito depende fundamentalmente da quantidade de matéria orgânica presente nos interstícios e da porosidade da rocha.

Neste método, utiliza-se o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) o qual reage com a matéria orgânica porventura existente na rocha. O ataque com o peróxido visa a desagregar a rocha, pela formação de gases (CO_2) que se expandem entre os poros da rocha, promovendo um afrouxamento, e com isso liberando os foraminíferos e ostracodes (figura 2.1A). Em amostras contendo betume é necessário o uso de solvente (diclorometano puro) antes de proceder ao ataque com o peróxido. Em amos-

tras do Recente, quando interessa preservar o protoplasma do organismo, é aconselhável não utilizar o peróxido de hidrogênio, pelo menos em alta concentração.

Quando a rocha é carbonática, com pouca ou nenhuma matéria orgânica e a porosidade é baixa, fica difícil separar os foraminíferos e ostracodes da matriz. Lethiers & Crasquin-Soleal (1988) propõem o uso do ácido acético para liberá-los, entretanto, o tratamento é muito demorado. Moura *et alii* (1996;1999) propõem um método alternativo para extrair esses microfósseis calcários de rochas carbonáticas usando ácidos clorídrico e acético em baixas concentrações e tempo de reação controlado. O melhor resultado foi obtido com ácido clorídrico 0,1 M que mostrou um aumento de quase oito vezes no número de testas extraídas quando comparado ao método do peróxido de hidrogênio.

Liberados os microfósseis, procede-se à separação mecânica lavando-se a amostra sob jato de água e detergente em peneiras superpostas com malhas de 1 mm e de 0,062 mm (figura 2.1B). A malha de 1 mm retém partículas maiores que normalmente não interessam. A malha de diâmetro 0,062 mm retém a maioria dos foraminíferos e ostracodes, além de outras partículas, como por exemplo grãos de quartzo, sendo

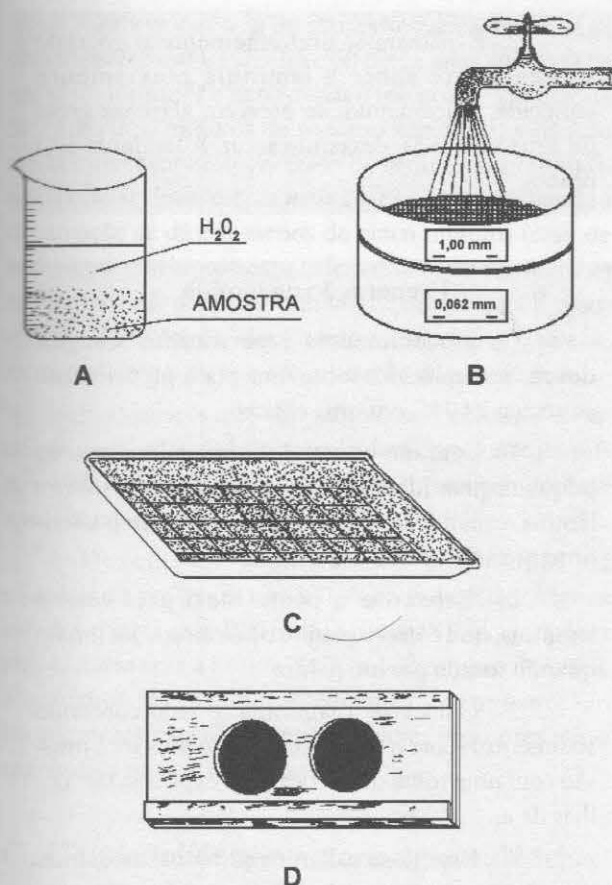


Figura 2.1 Material utilizado na preparação de microfósseis (foraminíferos e ostracodes). (A) Ataque da amostra com peróxido de hidrogênio para desagregação. (B) Tipos de peneiras com diâmetros de malhas mais utilizados na separação mecânica. (C) Bandeja para triagem. (D) Célula para armazenamento.

necessária uma triagem da amostra sob lupa binocular em etapa posterior. O uso de detergente tem como finalidade limpar melhor a amostra, liberando os resíduos ao máximo.

O tamanho apresentado pela maioria dos foraminíferos e ostracodes fósseis e recentes varia entre os diâmetros das malhas acima citadas (0,062 mm e 1 mm). Os grãos retidos na malha de maior diâmetro são descartados, os foraminíferos e ostracodes devem passar por ela e ficar retidos na malha de menor diâmetro. Entretanto, é aconselhável, antes do peneiramento, observar um pouco da amostra sob lupa para verificar o tamanho aproximado do maior exemplar desses microfósseis e mudar se necessário, o diâmetro da malha maior.

O diâmetro de abertura das malhas é padronizado segundo o país fabricante e foi estabelecido visando

o uso em sedimentologia. Não havendo peneiras padronizadas disponíveis, pode-se usar uma malha de *nylon* de alta qualidade bem colada em uma armação rígida. O diâmetro de abertura da malha pode ser medido em um microscópio contendo escala micrométrica.

Para evitar contaminação entre amostras diferentes é necessário lavar bem as peneiras ao término da preparação de cada amostra, escovando-as com água corrente e sabão várias vezes e depois, mergulhando-as em uma solução contendo azul de metileno. Após todo esse procedimento, se ainda restar alguma carapaça presa na malha, ela ficará corada de azul, e será identificada, nas amostras seguintes, como material exógeno.

Quando se quer preservar o protoplasma dos indivíduos, em estudo de foraminíferos do Recente, é necessário que durante a coleta o sedimento seja colocado em uma solução contendo 1 g do corante Rosa Bengala + 5 ml de fenol + 100 ml de água destilada (Ellison & Nichols, 1970).

Preparação da amostra

1 - Tritura-se a rocha com auxílio de gral e pistilo ou mesmo martelo, se estiver muito endurecida. Quando os ostracodes e foraminíferos são grandes e visíveis a olho nú, aconselha-se não triturar muito para não danificá-los.

2 - Pesa-se a amostra (60 g quando se dispõe de muito material). Em caso de amostras do Quaternário passar diretamente ao item 4.

3 - Cobre-se a amostra com H_2O_2 (peróxido de hidrogênio) 130 volumes (35%) por aproximadamente 2 h. Havendo muita reação, repetir o ataque (figura 2.1A). Em amostras contendo betume, é necessário, antes do ataque com o peróxido, cobrir a amostra com um solvente (diclorometano puro) e colocar no ultrassom, por cerca de 20 minutos, repetindo por três vezes a operação.

4 - Lava-se a amostra sob água corrente usando detergente e peneiras como indicado na figura 2.1B. Quando o tamanho dos foraminíferos e ostracodes for maior que 1 mm, deve-se mudar o diâmetro da malha maior.

5 - Seca-se a amostra em estufa à 60 °C. É importante retirar a amostra da estufa logo que esteja seca, para que não toste os microfósseis quebrando-os.

6 - Procede-se a triagem sob lupa binocular.

Para estudos quantitativos em foraminíferos é aconselhável estudar cerca de 300 indivíduos, número considerado representativo de uma associação fossilífera. Quando estes organismos são muito abundantes é necessário haver um quarteamento da amostra, quantas vezes necessário, de modo que o quarto final tenha aproximadamente 300 indivíduos. Conta-se apenas os indivíduos presentes no último quarto. O número total de indivíduos da amostra é estimado multiplicando-se os indivíduos contados pelo número de quartos.

Para triagem, sob lupa binocular, utiliza-se bandeja apropriada (figura 2.1C) onde a amostra é colocada e de onde são pinçados os foraminíferos e ostracodes para células-porta-foraminíferos, onde serão estudados e posteriormente armazenados.

B. Nanofósseis calcários

Os nanofósseis calcários são abundantes em rochas de origem marinha e de granulometria fina tais como folhelhos e arenitos finos. Sua separação da matriz se dá por processo físico de decantação e consiste em separar as diminutas placas que constituem seus esqueletos, os nanolitos, cujo tamanho varia entre 0,25 a 50 μm do restante dos grãos. O processo de separação dos nanofósseis calcários é dos mais simples e de baixo custo.

Preparação da amostra

1 - Separa-se uma pequena quantidade de rocha previamente triturada (1 g) em um saco plástico resistente.

2 - Coloca-se água destilada e massageia-se até formar uma solução turva.

3 - Entorna-se esta solução em um tubo de ensaio (pode-se acrescentar um pouco mais de água destilada até $\frac{3}{4}$ do tubo) e mexe-se com um canudo plástico.

4 - Repouso de aproximadamente 5 minutos.

Preparação da lamínula

Os procedimentos especificados a seguir devem ser realizados numa placa previamente aquecida à 60 °C:

1 - Após os cinco minutos de repouso, coletam-se aproximadamente 3 gotas do sobrenadante.

2 - Espalham-se uniformemente as gotas do sobrenadante sobre a lamínula previamente aquecida, adicionando, se precisar, algumas gotas de água destilada, deixando secar. A lamínula está pronta.

Preparação da lâmina

Os procedimentos especificados a seguir devem ser realizados sobre uma placa previamente aquecida à 60 °C em uma capela:

1 - Com um bastão de vidro, coloca-se uma pequena quantidade de Bálsamo do Canadá sobre a lâmina, espalhando uniformemente, onde posteriormente será colada a lamínula.

2 - Espera-se o ponto ideal para colar a lamínula, que é dado quando o bálsamo solta um fio quando tocado por um palito.

3 - Coloca-se a lamínula (o lado contendo sedimento) sobre o bálsamo, fazendo uma leve pressão com uma rolha de cortiça para expulsão das bolhas de ar.

4 - Espera-se a lâmina já montada esfriar. Para retirar o excesso de bálsamo, mergulha-se a lâmina em um recipiente com álcool por um breve tempo.

5 - Com o bálsamo amolecido, limpa-se a lâmina com papel absorvente fino. O bálsamo mais resistente é retirado com lâmina cortante tipo "Gillete".

6 - Escrevem-se os dados de identificação na lâmina com uma caneta *nanquin*, cobrindo com esmalte transparente. A lâmina está pronta.

Quando se preparam amostras para estudos quantitativos é importante partir sempre da mesma quantidade de material, ou seja, do mesmo peso de sedimento (1 g) e do mesmo número de gotas do sobrenadante sobre a lamínula, que devem ser espalhadas homogeneamente. Este procedimento não garante uma perfeita homogeneização, mas apenas um resultado aproximado. Método proposto para solucionar este problema foi apresentado por Wei (1988), mas são muito demorados tornando-se impraticáveis. Como consequência, o cálculo da abundância absoluta de espécies fica comprometido, recomendando-se o uso apenas da abundância relativa das espécies.

Como a essência do processo é decantar a fração com tamanho entre 0,25 μm e 50 μm , a granulometria da rocha vai interferir e determinar o tempo de decantação. Se após cinco minutos de repouso sugeridos, a solução ainda estiver muito turva (caso de sedimentos muito finos) pode-se decantar por mais 2 ou 3 minutos. Quando a decantação se dá em menos de cinco minutos (caso de sedimentos mais grossos) a coleta do sobrenadante deve ser feita aos três ou quatro minutos de decantação. É aconselhável fazer testes, observando ao microscópio se a lâmina está com uma boa concentração de nanofósseis.

Para observação dos nanofósseis calcários é necessário um microscópio petrográfico com aumento mínimo de 400 vezes. O aumento ideal para estudo é de aproximadamente 1.200 vezes.

Devem ser identificados e contados os nanofósseis presentes em 300 campos de visão. Alguns autores como Jeremiah (1996) e Styzen (1997) propõem respectivamente a leitura de 30 e 120 campos de visão. Entretanto, testes têm revelado que estes números são insuficientes para abranger as espécies presentes tanto qualitativa quanto quantitativamente.

C. Calpionelídeos e macroalgas calcárias

Os calpionelídeos ocorrem tipicamente em calcários marinhos micríticos ou em calcários margosos. Em condições favoráveis podem ser isolados de sedimentos margosos, mas os trabalhos estratigráficos de rotina dependem inteiramente de seções petrográficas delgadas. As macroalgas calcárias são encontradas principalmente em rochas carbonáticas marinhas e não-marinhas e também são estudadas em seções petrográficas delgadas.

Microfósseis Silicosos - Radiolários

Os radiolários podem ser preservados em sedimentos e em diversos tipos de rocha de origem marinha. Os diferentes métodos para isolá-los da rocha levam em consideração a mineralogia do esqueleto e a natureza do sedimento ou rocha. A avaliação do método a ser utilizado deve ser caso a caso. O ideal é usar o mínimo de etapas possível para evitar a quebra dos esqueletos, o que deve ser feito, desde que garanta a extração e perfeita limpeza dos mesmos. As vezes, só água é suficiente para liberá-los (etapas 1 e 2). A cada etapa o material deve ser examinado sob a lupa para verificação.

Se a rocha a ser preparada tiver indícios de calcificação, não é aconselhável usar o ácido clorídrico (HCl), ou seja, deve ser eliminada a etapa 4.

O procedimento abaixo explicado é indicado para sedimentos inconsolidados e pouco litificados. Quando os sedimentos estão muito litificados, é necessário haver uma trituração prévia. A quantidade de material recomendada é de aproximadamente 30 g.

Preparação da amostra

1 - Colocar o sedimento em um becher com água e aquecer em placa aquecedora.

2 - Lavar o sedimento sob jato d'água em peneira de diâmetro 0,044 mm.

3 - Colocar o resíduo em um becher com peróxido de hidrogênio (H_2O_2) para eliminar a matéria orgânica.

4 - Lavar em peneira de malha de diâmetro 0,044 mm.

5 - Colocar o material em um becher com ácido clorídrico (HCl) para eliminar os microfósseis calcários.

6 - Lavar.

7 - Por o resíduo em um becher e adicionar 4 a 5 gotas de hexametáfosfato de sódio (um antifloculante).

8 - Lavar.

9 - Colocar o resíduo em um becher com água e levar ao ultrassom por 5 a 10 segundos no máximo, visando eliminar argilas que possam estar aderidas ou preenchendo os esqueletos.

10 - Lavar.

11 - Secar o resíduo na estufa com temperatura aproximada de 70 °C.

Observar o resíduo sob lupa para verificar se há radiolários em abundância. O número aconselhável para estudos quantitativos é de 300 indivíduos. Quando há uma quantidade de indivíduos superior a este número procede-se a um quarteamento da mesma forma como nos foraminíferos e ostracodes (ver item correspondente) ou prepara-se uma lâmina para ser observada ao microscópio óptico, modificando o procedimento a partir da etapa 8. A observação ao microscópio óptico possibilita a visualização de estruturas internas o que facilita a identificação das espécies. A seguir apresenta-se o método para preparação da lâmina.

Preparação da lâmina

1 - Depois de submeter o material ao ultrassom e lavá-lo em peneira de diâmetro 0,044 mm, homogeneizar com bastão de vidro e retirar uma fração do sobrenadante com uma pipeta.

2 - Coletar aproximadamente 3 gotas em uma lâmina sobre placa aquecedora e deixar secar.

3 - Colocar Bálsamo do Canadá em uma lamínula sobre placa aquecedora.

4 - Colar a lamínula à lâmina e deixar secar por aproximadamente uma semana.

5 - Retirar o excesso de bálsamo com álcool.

6 - Escrever os dados de identificação na lâmina usando caneta *nanquin*. A lâmina está pronta.

O uso do Bálsamo do Canadá é preferível, pois as lâminas com ele montadas, são mais duradouras. Entretanto, é aconselhável para material do Cenozóico, cujo índice refrativo das carapaças é menor. Para radiolários do Mesozóico, geralmente transformados em quartzo, o índice refrativo do meio de montagem deve ser levemente diferente do quartzo ($n = 1,54$). Nesse caso, podem ser usados Neo-Entellan, Hyrax ou Clearmount (De Wever *et alii*, 2001).

Para extrair radiolários de rochas com matriz silicosa como *cherts*, Pessagno & Newport Jr. (1972) apresentam uma outra técnica. A técnica proposta por estes autores utiliza o ácido fluorídrico e foi bem sucedida porque a sílica das carapaças dos radiolários não é dissolvida com este ácido por ser mais estável que aquela que compõe a matriz do *chert*.

A visualização de estruturas internas dos radiolários é facilitada fazendo-se cortes dos esqueletos. De Wever *et alii* (2001) apresentam uma técnica para obter essas microseções.

Microfósseis Orgânicos - Palinomorfos

Os palinomorfos incluem todos os organismos encontrados nos resíduos insolúveis aos ácidos inorgânicos, provenientes de tratamentos de sedimentos de diferentes períodos geológicos, sejam pólenes, esporos, acritarcas, quitinozoários, tasmanitídeos ou dinoflagelados. São abundantes em rochas de cor escura como folhelhos negros e sua quantidade na rocha pode ser prevista grosseiramente em função da cor e da litologia. A quantidade é

maior em sedimentos silíticos finos, diminuindo nas argilas e nos sedimentos de granulação mais grossa. Dado a constituição orgânica das carapaças, os sedimentos de cor verde, vermelha e branca, que sofreram algum grau de oxidação, são estéreis ou contêm muitos poucos palinomorfos. Os de cor cinza-escuro a preta apresentam-se bem mais ricos. Rochas de origem marinha e continental podem conter palinomorfos.

Para separação dos palinomorfos, os métodos utilizados variam de acordo com a litologia, profundidade, idade, presença de óleo na amostra e resistência diferencial dos pólenes e esporos da rocha. Essas variáveis influem nas reações químicas e, dependendo do tratamento utilizado, pode-se concentrar mais, ou menos os palinomorfos.

Todos os métodos visam a eliminar, da melhor forma possível, os constituintes mineralógicos e orgânicos indesejados por meio de reagentes químicos, dissolvendo-os, ou separando-os por meios físicos tais como centrifugação e peneiramento, para obter um resíduo final rico em palinomorfos.

O tratamento de amostras envolve operações com reagentes químicos tóxicos, cáusticos e voláteis, sendo recomendado o uso de exaustor. O método aqui apresentado é melhor detalhado em Uesugui (1979).

Em amostras recentes inconsolidadas, os palinomorfos são separados por decantação, sem qualquer ataque químico. Procedimentos específicos para separar palinomorfos de sedimentos do Quaternário são apresentados por Ybert *et alii* (1992) e Uesugui (1979).

Preparação da amostra

A parte intemperizada da amostra deve ser removida antes de iniciar o processo, pois a oxidação destrói a matéria orgânica.

1 - Desagregação e peneiramento

A fragmentação da rocha deve ser feita com martelo, dentro de sacos plásticos. Posteriormente, passa-se o material fragmentado em peneiras com malha de diâmetro de 2 mm. Os fragmentos grossos são retirados e novamente fragmentados. A pulverização da amostra deve ser evitada, pois ocasiona a quebra dos palinomorfos.

2- Pesagem

Como foi visto anteriormente, o peso inicial da amostra varia em função da litologia. Uesugui (1979) sugere a seguinte pesagem:

Folhelhos e argilas escuros, carvões e turfas	10 a 20 g
Folhelhos e siltitos cinza-claro	20 a 30 g
Calcários	30 a 40 g
Anidrita e sais	40 a 50 g

A etapa seguinte consiste na eliminação dos componentes mineralógicos da rocha.

3 - Ataque aos carbonatos

O ácido clorídrico (HCl) à frio é usado para eliminar a calcita. Para a dolomita, usa-se o ácido clorídrico à quente. Recomenda-se o uso de placa aquecedora.

- Adiciona-se ácido clorídrico (HCl) 37% à amostra, lentamente, e espera-se a reação. Se esta for intensa, borra-se álcool para quebrar a tensão. Caso continue a haver reação, após alguns segundos, adiciona-se mais ácido clorídrico.
- Cessada a reação, a amostra deve ser aquecida por 15 min em placa aquecedora. Posteriormente, a amostra deve ser lavada três vezes, ou até a total remoção dos sais de cálcio.

A lavagem da amostra implica em uma centrifugação por cinco minutos a 2.600 rpm, decantação, adição de água, agitação e nova centrifugação.

4 - Ataque aos silicatos

O ácido fluorídrico (HF) a 40% é utilizado para remover os silicatos da amostra.

- A amostra deve ser colocada em tubo ou copos de polipropileno, pois o ácido fluorídrico corrói o vidro.
- O ácido deve ser adicionado aos poucos, evitando-se o contato com os vapores. A reação do ácido com os silicatos (principalmente as argilas) é extremamente violenta e exotérmica, chegando a ferver à temperatura ambiente.
- O tempo de reação é de duas horas, quando utiliza-se o ácido à quente, sob uma placa aquecedora. A destruição dos silicatos também se processa,

deixando-se a amostra reagir com o HCl, à frio, por uma noite (12 horas).

- Quando há muito material grosso na amostra, recomenda-se, antes de proceder a etapa seguinte, colocar o material para decantar seguindo o método explicado mais adiante.

5 - Ataque aos componentes orgânicos não desejados

As técnicas de preparação palinológicas geralmente separam uma quantidade expressiva de matéria orgânica não desejável, tais como tecidos de plantas e animais, além de cutículas de plantas de origem incerta.

Uesugui (1979) aborda alguns processos para diminuir ou eliminar essa matéria orgânica indesejável e aumentar a concentração dos palinomorfos. Dentre tais processos, estão a acetólise e a oxidação. A acetólise destrói a celulose e é utilizada tanto em amostras de sedimentos recentes quanto em amostras de rochas.

Para fazer a solução de acetólise, coloca-se uma parte de ácido sulfúrico para nove partes de anidrido acético, colocando-se primeiro, o ácido sulfúrico e depois o anidrido acético. A reação é bastante exotérmica.

A amostra deve ser desidratada previamente com ácido acético glacial, adicionando-se, em seguida, a solução de acetólise, gradativamente, pois também neste caso a reação é exotérmica. Deixa-se reagir por cinco minutos, lava-se a amostra com ácido acético glacial duas vezes e posteriormente, lava-se com água destilada.

A oxidação é um processo utilizado na preparação de amostras quando há matéria orgânica em avançado estado de carbonificação, em forma de carvão ou linhito inalterado. Os reagentes oxidantes utilizados são: ácido nítrico, clorato de sódio ou potássio, cloreto de sódio e água oxigenada em diversas proporções, formando soluções específicas que recebem nomes diversos.

Solução de Shulze

- Colocar sobre a amostra três partes de ácido nítrico para uma parte de solução supersaturada de clorato de potássio. Quando a amostra é muito rica em matéria orgânica e a percentagem de clorato ul-

trapassar 30% do peso total da amostra, usa-se apenas algumas gotas do clorato de potássio, pois a reação pode ser violenta, havendo perigo de explosão. Dependendo da idade das amostras, a concentração do ácido nítrico deve variar. As mais usadas são as seguintes:

Plioceno e Mioceno - ácido nítrico a 35%

Eoceno e Paleoceno - ácido nítrico a 40%

Cretáceo - ácido nítrico a 45%

Paleozóico - ácido nítrico a 67%

A água oxigenada é também um agente oxidante, clareador e dispersante muito útil na oxidação de amostras escuras com alto grau de carbonificação, como turfas.

Hansen & Gudmundsson (1979) propõem um método alternativo para eliminar a matéria orgânica, alegando serem os métodos tradicionais insatisfatórios, tanto por danificar os microfósseis, como por não serem muito efetivos. Propõem que, após os ataques com HCl e HF, cubra-se a amostra com álcool. Os microfósseis por serem partículas ocas, ao contrário das demais partículas orgânicas, absorvem o álcool diferenciadamente, e separam-se por decantação.

6- Separação dos palinomorfos do restante do resíduo

Separação por decantação

Após o final do tratamento químico os grãos de tamanho muito fino que não foram eliminados são separados dos palinomorfos (mais pesados) por densidade.

- Coloca-se o resíduo em vidro de estocagem.
- Adiciona-se uma solução de metafosfato de sódio a 1%, agita-se e deixa-se em repouso por uma hora para decantar.
- Transfere-se o sobrenadante escuro para outro vidro e repete-se a operação até que este fique claro.

Quando há material de granulometria grossa na amostra e os grãos tamanho areia e outros componentes mais pesados não foram eliminados durante o ataque químico, segue-se, normalmente após o uso do ácido fluorídrico, o procedimento abaixo explicado.

- Coloca-se a amostra em um becher de 250 ml.
- Enche-se o becher com água, deixando em repouso por 1 minuto.
- Transfere-se o material em suspensão para outro becher, desprezando-se a parte sedimentada.
- Repete-se a operação por duas ou três vezes.

Separação por centrifugação controlada

A centrifugação controlada abrevia o tempo de decantação da amostra. Usando-se a velocidade apropriada é possível separar as partículas muito finas dos palinomorfos, mais pesados. Proceda-se a centrifugação, fazendo-se testes para estabelecer a rotação mínima necessária, em um minuto, para que a fração muito fina fique em suspensão e os palinomorfos se sedimentem.

Referências

- BOLTOVSKOY, E. & WRIGHT, R. 1976. *Recent Foraminifera*. Dr. W. Junk b.v. Publishers, The Hague. 515p.
- De WEVER, P.; DUMITICA, P.; CAULET, J.P.; NIGRINI, C. & CARIDOT, M. 2001. *Radiolarians in the Sedimentary Record*. Overseas Publishers Association. The Netherlands. 533p.
- ELLISON, R. L. & NICHOLS, M. M. 1970. Estuarine foraminifera from the Rappahannock River, Virginia. *Contributions from the Cushman Foundation for Foraminiferal Research*, 13: 231-241.
- HANSEN, J. & GUDMUNDSSON, L. 1979. A method for separating acid-insoluble microfossils from organic debris. *Micropaleontology*, 25(2): 113-117.
- JEREMIAH, J. 1996. A proposed Albian to lower Cenomanian nanofossil biozonation for England and the North Sea Basin. *Journal of Micropaleontology*, 15: 97-129.
- LETHIERS, F. & CRASQUIN-SOLEAL, S. 1988. Comment extraire les microfossiles à tests calcitiques des roches calcaires dures. *Revue de Micropaleontology*, 31(1):56-61.
- MOURA, J. C.; SOUSA, F. P.; WANDERLEY, M. D. & RIOS-NETTO, A. M. 1996. An alternative method for extracting calcareous microfossils from carbonatic rocks. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 68(2): 268-269.

FÓSSEIS: COLETA E MÉTODOS DE ESTUDO

Pedro Henrique Nobre
Ismar de Souza Carvalho



Após a descoberta de um fóssil, o primeiro desafio de um paleontólogo, consiste em sua retirada do campo e preparação em laboratório. Estas duas etapas iniciais são muitas vezes extremamente delicadas e especializadas, tomando por sua vez um longo tempo do pesquisador, ao preparar o material para estudo.

Não existe uma técnica formal e exata para a preparação de fósseis, e no Brasil não se encontra no mercado equipamentos destinados e fabricados exclusivamente para este fim. Estes objetos são na maioria das vezes adaptados de outras áreas técnicas como odontologia, construção civil e materiais utilizados por restauradores de objetos de arte. A criatividade e o conhecimento de uma grande variedade destes objetos, através de catálogos e a própria observação direta em lojas especializadas de produtos expostos em vitrines, permitem ao técnico preparador escolher o melhor método a ser utilizado em determinado fóssil.

Este capítulo tem como objetivo apresentar algumas técnicas ou procedimentos mais comuns, bem como instrumentos e equipamentos que possam auxiliar o paleontólogo na tarefa de coleta e preparação de fósseis. Vale lembrar que um pequeno fóssil destruído pode representar uma grande perda para a reconstituição da história da vida.

Prospecção e Coleta de Fósseis

São inúmeros os procedimentos, tanto para encontrar como para retirar o fóssil da rocha ou sedimento. As técnicas vão variar dependendo do objetivo do pesquisador, do tempo disponível, do local e natureza do sedimento.

Sair à procura de fósseis sem um planejamento prévio pode se transformar em um verdadeiro fracasso, além de ser extremamente dispendioso. O pesquisador, antes de ir ao campo e após definir os locais de prospecção, deverá realizar uma vasta revisão bibliográfica e análise de mapas, obtendo o máximo de informações possíveis a respeito da geologia local e dos fósseis já encontrados na região. A partir deste estudo prévio o paleontólogo poderá otimizar a procura dos fósseis e definir quais os equipamentos e tempo necessários para o trabalho de campo (figura 3.1).

Escolhido o local para prospecção, o pesquisador deverá extrair o maior número possível de informações sobre a geologia da área em estudo. Para isso deverá esboçar um perfil do afloramento em questão e uma descrição do sedimento ou rocha sedimentar da localidade fossilífera. Essas informações são essenciais para que se possa interpretar o paleoambiente, além de

contribuir para a compreensão da evolução geológica de uma área ou bacia sedimentar.

O posicionamento preciso do local de prospecção torna-se também um assunto de grande importância, permitindo aos pesquisadores retornarem exatamente ao local descrito, além de contribuir para a confecção de mapas geológicos e estudos de correlações estratigráficas. Para isso, uma boa descrição das localidades incluindo nome de municípios, fazendas, estradas, quilometragens, pontos de referência e uso do GPS tornam-se fundamentais. Quanto mais detalhado os dados obtidos no campo, melhores serão as informações para as análises e interpretações posteriores.

Coleta em afloramentos

As rochas sedimentares cobrem cerca de dois terços do território brasileiro, representando períodos de tempo que vão desde o Pré-Cambriano até os dias atuais. Estas rochas são formadas pelo acúmulo de sedimentos, em grandes depressões da crosta conhecidas como bacias sedimentares. Influenciadas pela dinâmica constante de movimentação da crosta, parte destas rochas se expõe, formando então pequenas elevações ou até mesmo grandes montanhas. Estas exposições, além daquelas resultantes dos cortes de estradas, tú-

neis, margens de rios e falésias litorâneas, são conhecidas como afloramentos e neles são coletados a maioria de macrofósseis existentes hoje.

Em muitas situações os fósseis estão visíveis nos afloramentos, bastando-se seguir os procedimentos corretos de escavação e preparação para o posterior transporte. Geralmente os fósseis encontram-se fragmentados, desarticulados e aderidos à rocha matriz, sendo necessário que o pesquisador tenha noção do conteúdo fossilífero exposto antes de começar a escavação. A confecção de desenhos esquemáticos e fotografias da posição dos fósseis no afloramento são de grande importância, auxiliando nos trabalhos de preparação em laboratório, em estudos tafonômicos, e outras interpretações futuras. Uma boa técnica para se registrar a escavação é a demarcação da área em quadrantes numerados e de tamanho regular, variando de acordo com a dimensão da área a ser escavada. Todo material coletado deve ser registrado em caderneta de campo onde são anotados o nível estratigráfico, a litologia do local de ocorrência, a orientação do fóssil na rocha e outros elementos que possam estar associados a ele.

A retirada do material do afloramento é um procedimento que requer cuidados e paciência. Muitas vezes é necessária a formação de uma trincheira ou

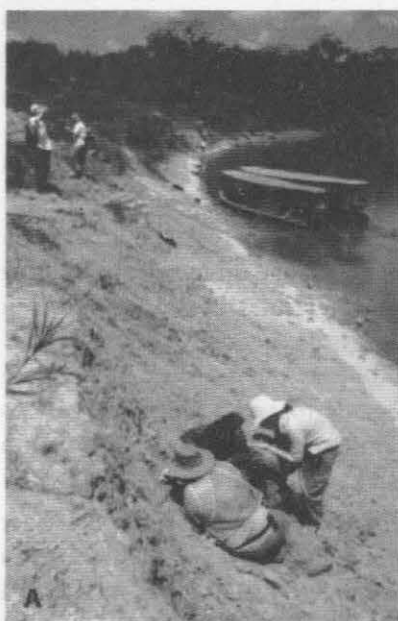


Figura 3.1 Prospecção de fósseis. (A) Trabalho de coleta de fósseis em rochas sedimentares à margem do rio Acre desenvolvido pela Universidade Federal do Acre. (B) Coleta em rochas da Formação Adamantina, Estado de São Paulo realizada pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (Departamento de Geologia).

degrau possibilitando o acesso ao fóssil em um plano vertical (figura 3.2), facilitando a visualização e os trabalhos de escavação.

Em um plano horizontal, não sendo possível a formação destas trincheiras ou degraus, a rocha matriz deverá ser recortada com a utilização de cinzéis e marretas, respeitando-se uma distância segura do material, evitando sua fragmentação (figura 3.3). Quanto maior a quantidade de rocha matriz envolvendo o fóssil maior será a segurança no momento do transporte (figura 3.4).



Figura 3.2 Remoção de blocos de rocha para formação de trincheiras durante uma escavação em Monte Alto, Estado de São Paulo.

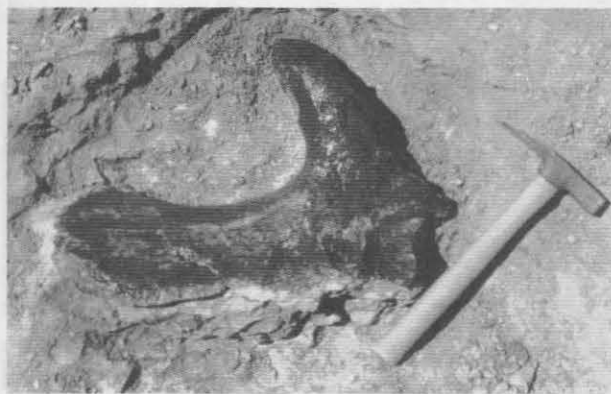


Figura 3.3 Escavação de fósseis em plano horizontal. Afloramento da Formação Itapecuru (Bacia do Parnaíba, Cretáceo Inferior) no Estado do Maranhão.

Peneiramento

O peneiramento de sedimentos, para procura de fósseis (figura 3.5) é uma das técnicas mais difundidas na paleontologia e pode ser utilizada tanto no campo quanto no laboratório. Existe hoje uma grande variedade de métodos empregados no peneiramento de sedimentos, porém todos seguem um princípio básico, que é o fracionamento de sedimentos por tamanho facilitando a visualização do material desejado.

A coleta de pequenos fósseis como escamas de peixe, dentes de vertebrados e pequenos invertebrados, muitas vezes só é possível através do peneiramento e



Figura 3.4 Retirada de grandes blocos de rocha contendo fósseis da Formação Adamantina (Bacia Bauru, Cretáceo Superior) para preparação em laboratório (Museu de Paleontologia de Monte Alto), em Monte Alto, Estado de São Paulo.



Figura 3.5 Peneiramento de sedimento no campo para posterior triagem em laboratório, em afloramento da Formação Adamantina (Bacia Bauru, Cretáceo Superior). Escavação realizada pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (Departamento de Geologia).

recolhimento do sedimento peneirado para triagem em laboratório ou no próprio local de coleta. Geralmente o peneiramento seguido de lavagem do sedimento torna-se indispensável para remoção de sedimentos indesejáveis. Antes de iniciar o peneiramento, uma pequena quantidade de sedimento deve ser testada a fim de se definir o procedimento correto a ser adotado.

As peneiras podem ser as mesmas utilizadas rotineiramente na construção civil ou fabricadas com diferentes dimensões de malhas. Normalmente são utilizados três tamanhos de malha: a primeira com uma malha mais aberta de aproximadamente 5 mm; a segunda de 2 a 3 mm e a última mais fina de 1 mm; todas trabalhando em conjunto, montadas em um cavalete que permita a movimentação das peneiras. Este procedimento permite a coleta de sedimentos de granulometria diferenciada, facilitando os trabalhos de triagem.

No laboratório, quando desejamos peneirar e lavar sedimentos para separar fósseis muito pequenos, pode-se utilizar peneiras sedimentológicas empregadas em micropaleontologia. Existem vários tamanhos de malhas e podem ser acopladas formando um conjunto, possibilitando a separação em diferentes granulometrias ao mesmo tempo.

Coleta em cavernas

As cavernas calcárias constituem um excelente local para a descoberta de fósseis de vertebrados do Pleistoceno. Porém, a coleta de material é geralmente influenciada pela dificuldade de acesso e locomoção no interior das cavidades, sendo muitas vezes necessária a utilização de equipamentos manuseados por pessoas habilitadas. As técnicas mais especializadas são descritas por Grady (1994), Almeida (2000) e Andrews (1990), que abordam alguns conceitos sobre tafonomia e métodos de escavação em cavernas.

Os fósseis podem ocorrer em sedimentos friáveis, impregnados por calcita ou ainda submersos em cavidades inundadas. Aqueles encontrados em sedimentos friáveis são geralmente de fácil remoção, implicando apenas na retirada do material com instrumentos leves. Os fósseis com impregnação por calcita demandam na maioria das vezes um trabalho pesado, com a utilização de marretas e cinzéis o qual deve ser realizado por pessoas experientes. Em cavernas inundadas, a coleta de fósseis é extremamente difícil e perigosa, sendo obrigatoriamente realizada por equipes

de mergulhadores altamente capacitados. Constitui em uma atividade recente na paleontologia e não é executada com frequência no Brasil.

De maneira geral as técnicas de coleta no interior de cavidades calcárias são semelhantes às empregadas em afloramentos de rocha, com as mesmas ferramentas, elaboração de desenhos esquemáticos, fotografias e o peneiramento, que é fundamental para a triagem de pequenos fósseis. O maior problema consiste no transporte das peças para o exterior da caverna; neste caso deve-se proteger os fósseis, através de bandagens de gesso ou plástico que possibilitem um bom acondicionamento dos mesmos.

Bandagem de gesso e embalagem

No momento de escavação, se o fóssil estiver friável ou consistir em um material frágil e com risco de fragmentação, como um osso longo por exemplo, é aconselhável envolvê-lo em uma camada de gesso (figura 3.6). Tal procedimento inicia-se engessando a parte exposta do fóssil, posteriormente escava-se a parte inferior virando-o com o gesso para baixo e engessando novamente o material exposto. Forma-se desta maneira um bloco de gesso rígido com o fóssil dentro, evitando sua fragmentação durante o transporte e manipulação. A bandagem de gesso pode ser feita a partir de tiras recortadas de saco de linagem ou tecido semelhante, embebido em gesso. Uma camada de papel alumínio aplicada diretamente sobre o fóssil e outra de papel higiênico ou papel toalha, o protegem da umidade e confere um amortecimento entre o fóssil e o gesso.

Para embalar, além da bandagem de gesso, existem inúmeras possibilidades e materiais utilizados de



Figura 3.6 Bandagem de gesso envolvendo a rocha e o fóssil para transporte. Formação Itapecuru (Bacia do Parnaíba, Cretáceo Inferior).

acordo com a fragilidade apresentada pelo fóssil. O papel higiênico, algodão, jornal, sacos plásticos e fitas adesivas são materiais de fácil aquisição e bastante utilizados no Brasil (figura 3.7). Todas as peças coletadas devem ser numeradas e registradas em caderneta de campo. Lembramos que um fóssil sem referência de localização não possui valor científico.

Preparação de Fósseis

A arte de preparar fósseis, como descreve Silva Santos (1985), é muitas vezes um trabalho delicado que requer habilidade e dedicação. Dependendo da origem do fóssil pode levar meses de intenso trabalho até que esteja pronto para ser estudado ou exposto em museus. O aprendizado e as técnicas são muitas vezes desenvolvidos pelo próprio preparador. A preparação é tão antiga quanto a descoberta de fósseis e vem progredindo a cada ano devido ao avanço da tecnologia.

A preparação de um fóssil requer o conhecimento da anatomia dos organismos em estudo e a compreensão da maneira em que o mesmo foi preservado. Estas condições impõem uma série de limitações nas técnicas disponíveis de preparação. Em geral, o ideal é que a técnica empregada seja a menos destrutiva possível,

assegurando assim o menor dano possível ao espécimen fóssil (Feldmann, 1989).

No Brasil são poucas as publicações referentes a esta atividade. Destacam-se o trabalho de Silva Santos (1985), que traz uma excelente abordagem ilustrada e didática, das principais técnicas e equipamentos utilizados na preparação de vertebrados fósseis. Em Dutra (2002), há a abordagem das técnicas de preparação e estudo de diversos grupos e categorias fósseis, consistindo em uma grande contribuição para os centros de estudo em paleontologia. Outras publicações como artigos e resumos de congresso, têm sido frequentes, mostrando a multiplicidade de técnicas de preparação química e mecânica desenvolvidas a cada ano e que possibilitam a melhor visualização dos aspectos anatômicos dos organismos extintos.

Preparação mecânica de fósseis

Grande parte dos fósseis são preparados de forma mecânica, ou seja, sem a utilização de reagentes químicos. Emprega-se para isso uma série de objetos e equipamentos que possibilitam o desgaste (abrasão) ou fratura da rocha matriz.

Os primeiros passos da preparação mecânica consistem na visualização e análise completa do material a



Figura 3.7 Embalagens plásticas, úteis para transporte de fósseis pequenos.

ser preparado, onde deverão ser observados o tipo de fossilização, tipo de rocha matriz que envolve o fóssil e o estado de preservação do material. Tal procedimento permite ao preparador, estabelecer as técnicas a serem adotadas.

Após a análise e triagem, é de fundamental importância o registro de todo material em preparação, através de fotografias e desenhos esquemáticos mostrando-se o posicionamento do fóssil na rocha. Este procedimento deverá ser realizado em todas as etapas da preparação, permitindo ao pesquisador conhecer o estado original do fóssil.

Ao se iniciar a preparação de um fóssil é necessária a acomodação do bloco de rocha em uma base estável, impedindo que o mesmo se desloque ou se quebre durante a manipulação. Para isso são utilizados materiais como ceras, resinas, borrachas e gesso, porém o uso do travesseiro de areia é o método mais simples e versátil nos trabalhos de preparação (figura 3.8). Sempre que possível deve-se utilizar na bancada de preparação uma lente de aumento montada em um suporte de tamanho regulável. O tipo de equipamento utilizado dependerá da natureza do material a ser preparado. Nesta etapa vale o bom senso, habilidade e criatividade do preparador.

Os trabalhos de preparação devem ser realizados de forma cautelosa. A integridade do fóssil resulta da habilidade e paciência, bem como do uso correto dos equipamentos e técnicas pelo preparador.

Preparar um fóssil mecanicamente consiste na remoção completa ou quase completa da rocha matriz que o envolve. Ao final da preparação o fóssil deverá estar livre de sedimentos e resistente a ponto de serem manuseados, estudados e acondicionados em coleções científicas.

BANCADA DE PREPARAÇÃO

Geralmente a preparação de peças maiores, mais grosseiras ou que não requerem muita precisão, são trabalhadas com ferramentas pesadas como cinzéis e martelos sobre bancadas resistentes e grandes. Os trabalhos mais delicados, requerem maior habilidade, uma acomodação adequada e um maior número de objetos e equipamentos sofisticados.

A bancada não precisa ser grande, uma área de trabalho de 120 por 80 cm é mais do que o suficiente para acomodar o fóssil e alguns equipamentos necessários no momento. A altura deve ser a de uma mesa normal, permitindo que se trabalhe sentado e ergonomicamente confortável. Uma lente de aumento de diâmetro aproximado entre 10 e 15 cm montada em uma haste articulável é fundamental para pequenos e delicados fósseis.

A boa iluminação é indiscutivelmente necessária e deve ser além de natural, complementada por espotes de lâmpadas frias direcionadas ao material em preparação. A ventilação é outro fator indispensável; a



Figura 3.8 Travesseiros de areia de vários tamanhos, ideais para acomodação dos fósseis durante a preparação.



Figura 3.9 Bancada de preparação de macrofósseis no Laboratório de Preparação de Fósseis da Universidade Federal do Rio de Janeiro – Departamento de Geologia.

bancada deve ser posicionada próximo a janelas bem ventiladas e ainda complementada com ventiladores e se possível, exaustores (figura 3.9).

PRINCIPAIS INSTRUMENTOS UTILIZADOS NA PREPARAÇÃO

A preparação mecânica consiste basicamente em fraturar, raspar ou desgastar a rocha matriz que envolve o fóssil, sem a utilização de reagentes químicos. Para isso o paleontólogo emprega uma vasta variedade de equipamentos que envolve desde um simples canivete a um sofisticado aparelho de ultrassom. Equipamentos como este são, por sua vez, caros e inviáveis à realidade de muitos laboratórios brasileiros. Geralmente, recorre-se a objetos de baixo custo adaptando-os à preparação dos fósseis. A seguir estão descritos alguns dos principais instrumentos utilizados em um laboratório de paleontologia convencional.

O primeiro equipamento e de fundamental importância está relacionado com a segurança do preparador. Os óculos de proteção contra pequenas lascas de rocha e luvas devem ser usados tanto no campo quanto no laboratório. Ao se trabalhar com brocas ou discos abrasivos que produzam poeira é imprescindível a utilização de uma máscara, pois a maioria das rochas contém sílica, que aspirada com frequência pode causar danos irreparáveis à saúde.

Os cinzeis, mais conhecidos como talhadeiras ou ponteiras, são utilizados com martelos ou marretas para fraturar a rocha matriz. São encontrados em vários tamanhos e seu uso está vinculado à preparação de grandes fósseis, fragmentação de blocos de rocha matriz ou ainda pequenos fósseis, onde a vibração provocada pelo alto impacto não ponha em risco a integridade do material (figura 3.10).

Para limpeza do sedimento acumulado durante a preparação é comum a utilização de trinchas, pincéis de pelo ou seda de tamanho variado, escovas de nylon e bulbos de borracha para soprar (figura 3.11).

Instrumentos odontológicos, estiletes e pinças são indispensáveis e de grande valia na preparação. Agulhas (injeção ou de costura) presas à um cabo de metal ou no lugar de grafites em lapiseiras são excelentes para trabalhos delicados. Devem estar bem afiadas e utilizadas com o máximo de cuidado para não perfurar o fóssil (figura 3.12).

Quanto aos aparelhos de rotação, existem dois modelos: os elétricos e os de ar-comprimado. Os motores elétricos são consideravelmente mais baratos e de bom desempenho, por isto são os comumente disponíveis nos laboratórios. Sua única desvantagem está na preparação de fósseis muito delicados, onde a pequena vibração transmitida da broca à rocha matriz pode fragmentar o fóssil. Os aparelhos de rotação a ar-comprimado são de excelente desempenho, não produzindo vi-



Figura 3.10 Marreta, ponteira, cinzel e martelo são amplamente utilizados no campo e no laboratório para remoção de grandes porções de rocha matriz.

brações, sendo portanto, os mais indicados principalmente para trabalhos delicados (figura 3.13).

Em relação às brocas e discos abrasivos utilizados com os aparelhos de rotação, existe no mercado uma grande variedade de tamanhos, formas e composição. As brocas diamantadas são geralmente mais eficientes em rochas de alto grau de dureza. Os discos são encontrados em vários diâmetros e os de carborundo são os mais utilizados. São baratos, resistentes e de grande ajuda para cortar pequenos blocos de rocha, acelerando os trabalhos de preparação sem transmitir muitas vibrações ao fóssil (figura 3.14).

REPARAÇÃO DE PEÇAS

Uma das etapas de fundamental importância na preparação de fósseis é o reparo ou colagem das peças. A fragmentação de um fóssil durante os trabalhos de escavação ou preparação em laboratório não consiste em um grande problema ou perda de material, desde que seja devidamente reparado. Existe hoje uma grande variedade de adesivos de forte aderência e durabilidade, permitindo trabalhos de altíssima qualidade e precisão na colagem de peças fragmentadas. Muitos destes produtos são produzidos exclusivamente para restauração de objetos de arte e até mesmo para uso em paleontologia.

Inicialmente temos de diferenciar dois processos básicos na reparação de peças: o de colagem e o de impermeabilização ou endurecimento. O primeiro con-

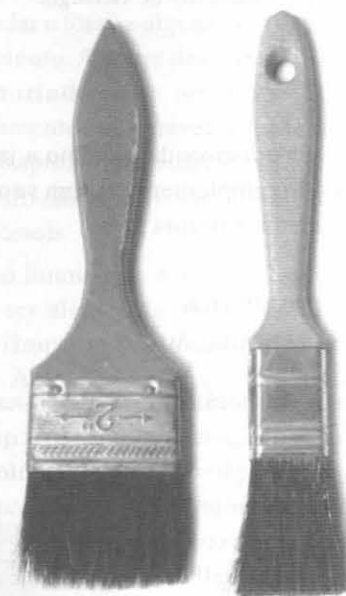


Figura 3.11 Trinchas utilizadas na limpeza do fóssil durante a preparação.

siste basicamente em unir fragmentos por meio de adesivos. A impermeabilização ou endurecimento, como o próprio nome já diz, confere ao fóssil uma maior resistência quando este é de natureza friável. Pode ser realizada com os mesmos adesivos utilizados para a união de peças, porém em concentrações mais reduzidas e no estado mais líquido possível, permitindo uma boa penetração. Deve ser aplicada com o pincel ou até mesmo mergulhando o fóssil no adesivo.

Figura 3.12 Lupa de mão, pinça, instrumentos odontológicos, agulhas presas a uma haste são normalmente empregadas na preparação de fósseis delicados.

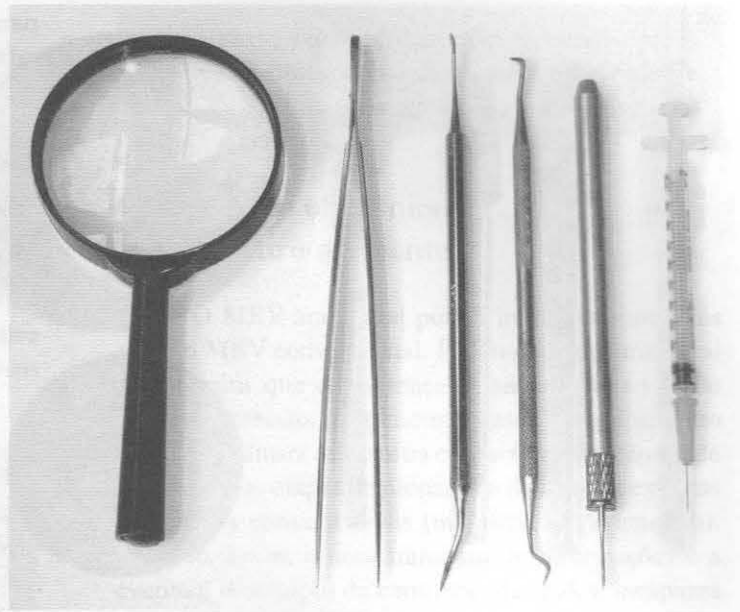


Figura 3.13 Preparação com motor a ar comprimido, desgastando lentamente a rocha para maior precisão.

Para reparos em peças de tamanho reduzido, os adesivos de secagem rápida do tipo bonder têm apresentado excelentes resultados. Seus usos estão cada vez mais difundidos em vários laboratórios de paleontologia, porém alguns cuidados devem ser tomados. Ao se introduzir o adesivo em uma área fragmentada ou apenas uma pequena fissura, deve-se impregnar uma agulha com o adesivo formando uma pequena gota e assim aplicar lentamente na área a ser colada. Este procedimento evita que grande quantidade de adesivo se espalhe por áreas indesejáveis.

Em fragmentos de tamanho médio a grande são utilizados adesivos do tipo araldite, de secagem rápida ou não e facilmente encontrados no mercado. Existem hoje adesivos mais apropriados à restauração de fósseis e obras de arte em geral, à base de PVA e outros plásticos. São de fácil manipulação e encontrados em casas especializadas de restauração. Como exemplo podemos citar o adesivo Paraloid, facilmente diluído em acetona ou acetato de etila, sendo de excelente desempenho na união de peças fragmentadas e impermeabilização.

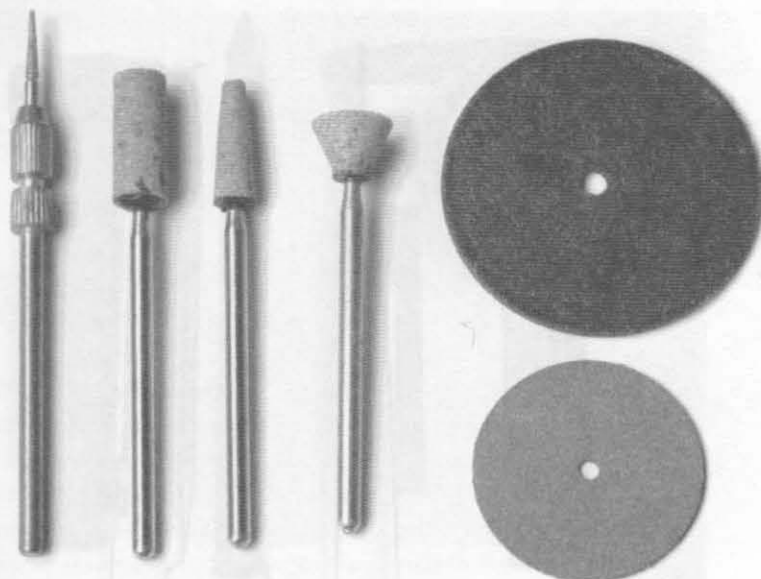


Figura 3.14 Diversos tipos de brocas e discos de carborundo utilizados no desgaste da rocha matriz.

Um dos problemas, quando da colagem de peças de tamanho avantajado, é a fixação da mesma até a secagem do adesivo. Para isto é de grande utilidade uma caixa de areia, onde possamos equilibrar as peças durante o tempo de secagem e fixação.

Deve-se sempre ter o cuidado de não utilizar adesivos em peças úmidas. Além de diminuir a eficiência, pode ocorrer a perda da transparência do adesivo, deixando-o opaco devido a reação da água com os solventes. A diluição em acetato de etila diminui em muitos casos esta reação.

Trabalhos de Laboratório e Gabinete

O estudo dos fósseis, após a preparação, pode ser realizado através da observação direta, ou por meio indireto, com o auxílio de lupas, tomografia computadorizada, raios-X, microscópio eletrônico de varredura, microscópio ambiental e seções delgadas. A seleção da técnica apropriada para estudo está condicionada às características físicas do material, suas dimensões, abundância e objetivos da análise a ser realizada. Em alguns casos, a técnica empregada para estudo pode ser invasiva e ou destrutiva do material fóssil, em situações como as de análises químicas ou de observação petrográfica.

Técnicas petrográficas

O estudo petrográfico dos fósseis é realizado através de um seção delgada do espécimen (cerca de 30

μm), o qual é colado sobre uma lâmina de vidro e geralmente observado em microscópio de luz transmitida, luz polarizada ou de luz refletida. No caso do microscópio de luz polarizada há a possibilidade de identificação mineral e análises microestruturais. A petrografia dos fósseis é uma técnica destrutiva, já que conduz ao corte e destruição de parte do fóssil. É empregada comumente no estudo de radiolários, moluscos (Carter & Ambrose, 1989) e de troncos vegetais permineralizados (Mussa, 1978), como apresentado na figura 3.15. Os procedimentos detalhados para a confecção de lâminas destinadas ao estudo petrográfico pode ser encontrado em Merlotti & Rosa (2002) e Wells (1989).

As lâminas petrográficas também são utilizadas no estudo de ovos fósseis e coprólitos. Ribeiro (2002) na análise de cascas de ovos de dinossauros da Bacia Bauru (Formação Marília, Cretáceo Superior) classificou as ooespécies através do estudo em lâminas sob o microscópio de polarização. A mesma técnica de estudo também foi empregada por Souto (1998) na análise de coprólitos triássicos da Formação Santa Maria (Bacia do Paraná).

Microscópio eletrônico de varredura

A imagem produzida em um microscópio eletrônico de varredura resulta do bombardeamento por um feixe de elétrons (sobre o espécimen em análise)

numa câmara de alto vácuo. Os detalhes ultraestruturais captados não são observáveis em equipamentos ópticos. Há a necessidade de metalização (normalmente ouro ou paládio) do material a ser analisado. O mesmo é fixado em uma pastilha metálica (*plug*), com auxílio de uma fita adesiva dupla-face ou esmalte incolor. É possível a realização de microanálises químicas com o acoplamento de um equipamento de microanálise de raios-X por espectrometria de energia dispersiva (EDAX), possibilitando assim a caracterização qualitativa e estimativas quantitativas dos elementos químicos presentes.

O uso de técnicas de microscopia eletrônica e análises microquímicas tem sido freqüente no estudo de dentes de dinossauros (Franco, 1999; Line, 2001), histologia dentária de mamíferos fósseis (Frigolo, 1985 b) e de ovos fósseis (Ribeiro, 2002) da Formação Marília (Bacia Bauru, Cretáceo Superior). Rotineiramente esta técnica é empregada no estudo de microfósseis calcários (foraminíferos,

ostracodes) e silicosos (diatomáceas, radiolários). A figura 3.16 ilustra o uso da microscopia eletrônica de varredura em um macrofóssil e microfósseis.

Microscópio eletrônico de varredura ambiental

O MEV ambiental possui inúmeras vantagens sobre o MEV convencional. É denominado ambiental por permitir que o ambiente da amostra seja variado através da pressão, temperatura e gases. O equipamento opera com câmara de amostra em baixo vácuo, não sendo necessárias as etapas de preparação da amostra exigidas nos MEVs convencionais (metalização da amostra). Evita-se, assim, o mascaramento de informações e a eventual destruição de estruturas delicadas, incapazes de resistirem à condições de alto vácuo (Dalinatos, 1993; Prack, 1993; LABESEM).

Catodoluminescência

Destina-se principalmente à caracterização composicional de minerais do grupo dos carbonatos, originais ou resultantes de alterações diagenéticas, tais como cimentações e recristalizações. Também pode ser utilizada para a análise paleohistológica (Derycke, 1990). A catodoluminescência é uma técnica que consiste no bombardeamento sobre uma seção delgada por um feixe de elétrons, sob a forma de radiação eletromagnética. O material assim irradiado torna-se instável eletronicamente, e para retornar ao seu estado de equilíbrio, os átomos constituintes da amostra emitem a energia recebida em excesso, sob a forma de fótons, caracterizando a luminescência. Essa emissão de fótons, ou seja, a diferença entre a quantidade de energia eletromagnética fornecida e a recebida, possibilita a identificação dos elementos minerais ativadores da mesma, através de fotografias realizadas no momento da referida emissão (Ribeiro, 1997).

Ultrassom

Esta técnica baseia-se na emissão de ondas vibratórias. Os fósseis são imersos em água destilada para a desagregação sob ondas vibratórias de qualquer material sedimentar (ultrassom de banho) ou sujeitos à vibrações ultrasônicas, em direção longitudinal, através de uma ponta de agulha de titânio (ultrassom de ponta). O uso do ultrassom possibilita a desagregação

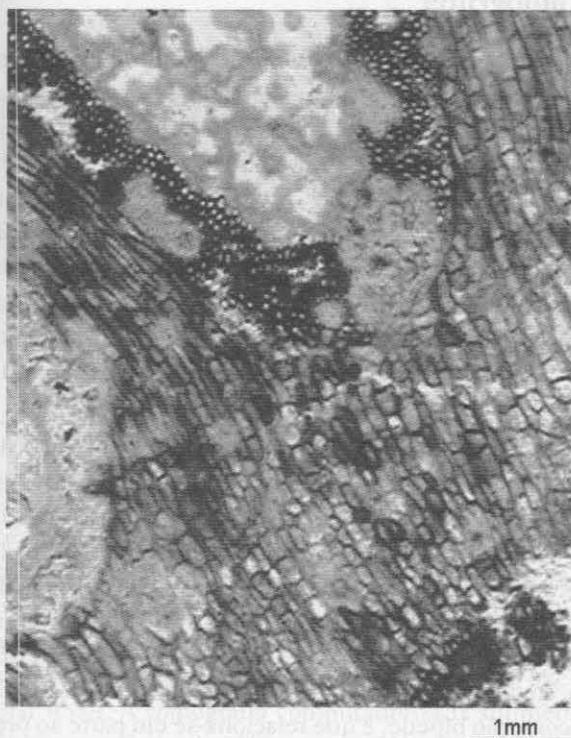


Figura 3.15 Fotografia em luz natural em microscópio óptico da seção de um tronco permiano de *Psaronius* sp. da Formação Pedra de Fogo (Bacia do Parnaíba). Lâmina DGM 380 - Pb (Museu de Ciências da Terra).

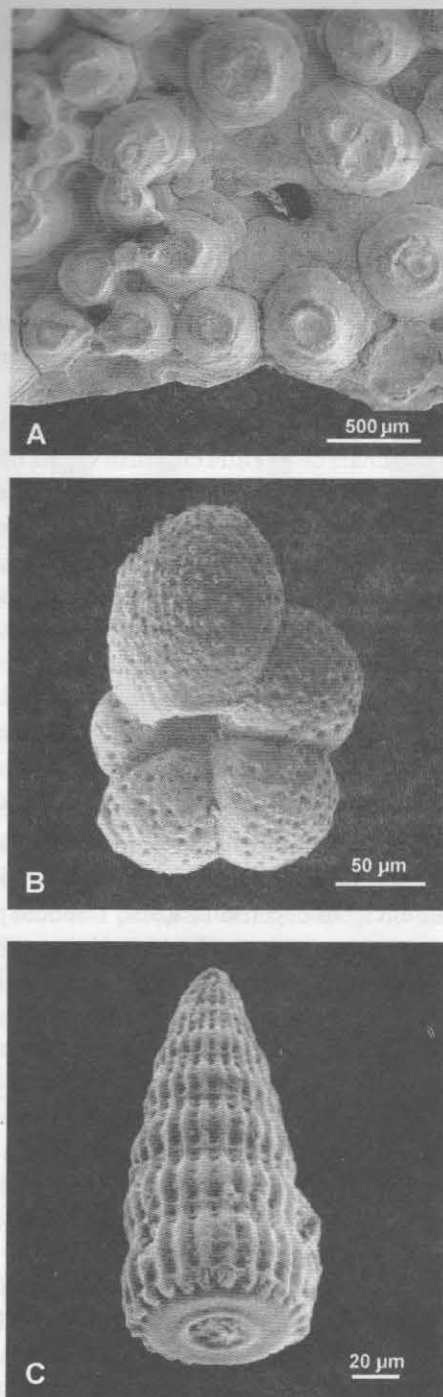


Figura 3.16 O uso do microscópio eletrônico de varredura possibilita a observação de detalhes morfológicos de macro e microfósseis. Em (A) Detalhe da superfície interna da casca de um ovo de dinossauro, onde são observadas as estruturas mamilares (Formação Marília, Bacia Bauru). Fotomicrografia de Cláudia Maria Magalhães Ribeiro. (B) *Globigerina quinqueloba*, foraminífero pleistocênico da Bacia de Campos. Fotomicrografia de Marco Aurelio Vicalvi. (C) *Dactyomitra multicostata*, radiolário cretácico da Bacia de Santos. Fotomicrografia de Valesca Portilla Eilert.

de sedimentos aderidos sobre a superfície do fóssil, sem o uso da percurssão direta ou o ataque com substâncias químicas. Entretanto esta técnica tem limitações no que se refere ao tempo de exposição das amostras para a limpeza e em casos de forte aderência da matriz ao fóssil, há a possibilidade de fragmentação do mesmo. Dependendo do tipo de cimentação, sedimento circundante e outros aspectos relativos à natureza da fossilização, os espécimens terão tempos distintos de exposição ao ultrassom.

Difratometria de raios-X

O estudo mineralógico dos fósseis pode ser realizado através da difratometria de raios-X. Trata-se de uma técnica destrutiva, na qual o material em análise deve ser triturado. A difratometria de raios-X baseia-se na incidência de um feixe de raios-X sobre a amostra, cujo impacto produz uma difração dos raios-X. Tal difração é então registrada num difratograma que comparado a padrões pré-determinados possibilita a identificação dos minerais (figura 3.17).

Radiografia

A radiografia de fósseis é de grande ajuda na preparação de espécimens que estejam imersos na rocha, ou para a observação de detalhes internos sem que haja a destruição destes (Schmidt, 1948). Para o estudo de fósseis, a emissão de raios-X pode se situar num intervalo de 10-130 kV, utilizando-se equipamentos médicos. Para estruturas pequenas e delicadas, a radiação com poucos quilovolts é mais adequada (Harbersetter, 1994). A radiografia também pode ser utilizada com bons resultados na observação de icnofósseis de invertebrados como apresentado por Farrow (1975).

O estudo radiográfico em fósseis também é de grande relevância na análise de paleopatologias. Conforme demonstrado por Ferigolo (1985a), o uso de radiografias evidenciou em vértebras dorsais de *Megatheridae* (Edentata, Mammalia) do Pleistoceno do Rio Grande do Sul, a existência de artrose intervertebral (uma paleopatologia). Desta forma foi possível a verificação de que a artrose intervertebral não está restrita à locomoção bípede, e que relaciona-se em parte ao processo de envelhecimento, à sobrecarga e mau posicionamento, bem como às condições climáticas. Através de tais estudos paleopatológicos é possível a caracterização da fisiopatologia dos animais fósseis, e de seu comportamento e meio ambiente.

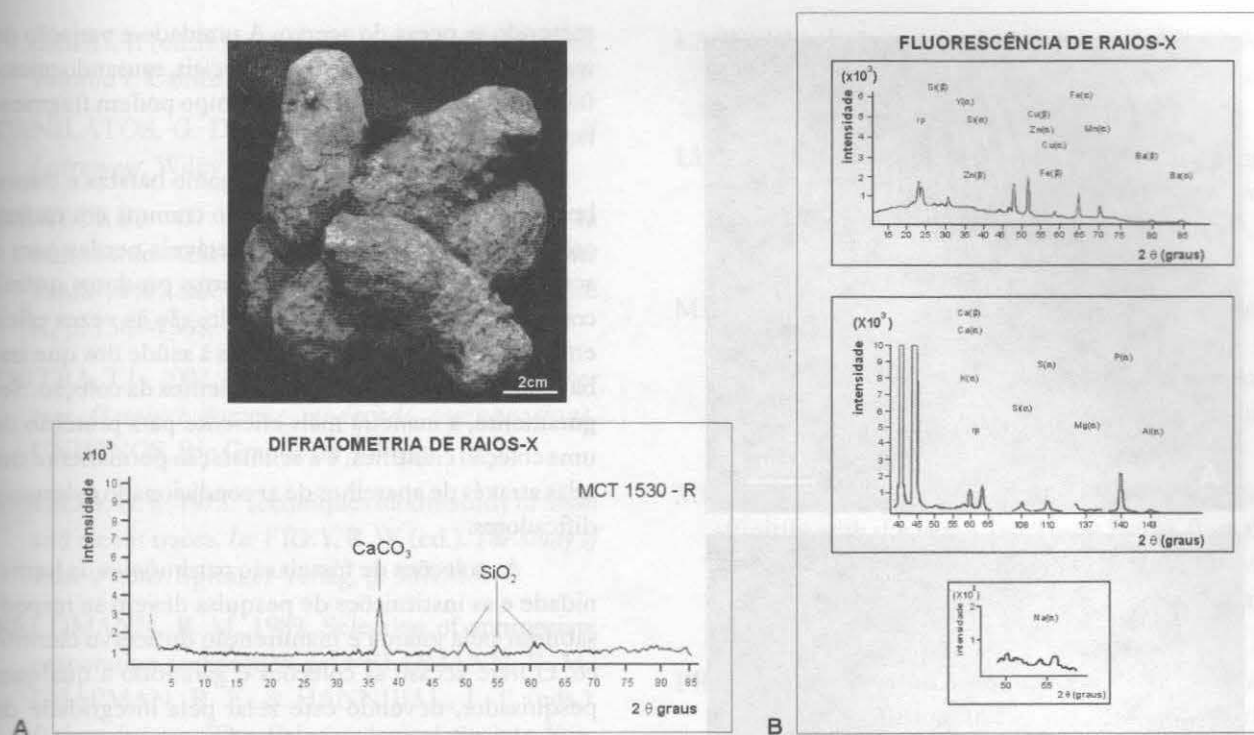


Figura 3.17 Análises de difratometria (A) e fluorescência de raios-X (B) em coprólito triássico atribuído a um cinodonte, (Museu de Ciências da Terra MCT 1530 - R) da Formação Santa Maria (Bacia do Paraná). Análises segundo Souto (1998).

O uso da radiografia em fósseis brasileiros também foi empregado por Richter (1989) no estudo de uma nova família de peixes (Acregoliathidae) do Plio-Pleistoceno da Bacia do Acre. As radiografias indicaram a existência interna de um tecido esponjoso, com um padrão reticulado de câmaras ósseas poligonais (figura 3.18).

Tomografia computadorizada

A tomografia computadorizada (CT scan) é uma técnica radiológica aplicada para a observação tridimensional dos espécimens. Através desta técnica, muitas estruturas que normalmente não são visíveis usando métodos convencionais de preparação, podem ser observadas sem quaisquer tipos de dano ao exemplar fóssil. A tomografia computadorizada submete o fóssil a um feixe de elétrons, os quais são diferencialmente absorvidos dependendo da densidade de mineralização, composição da rocha matriz, espessura do material em análise, intensidade da emissão de raios-X e interferências. A informação obtida é interpreta-

da por um sistema de aquisição de dados e enviada para o processamento digital por um computador, o qual processa então a imagem (Clark & Morrison, 1994).

O uso da tomografia computadorizada em material fóssil do Brasil foi apresentado por Azevedo *et alii* (2000), que analisaram um possível ovo de quelônio do Cretáceo Superior (Formação Adamantina, Bacia Bauru). O ovo foi submetido a seções tomográficas que revelaram uma estrutura interna caracterizada pela presença de diferentes valores de densidade de massa. Os autores do referido estudo sugeriram que tal aspecto estaria relacionado a um remanescente embrionário, e os pontos de maior densidade representariam centros de ossificação dos ossos em formação.

Curadoria

Após os trabalhos de preparação, a próxima etapa é o acondicionamento e registro dos fósseis em coleções científicas. É importante que os exemplares estejam protegidos ao máximo contra abalos mecânicos ou agentes físicos, químicos e biológicos. Caixas de papelão ou de acrílico forradas com espuma sintética,

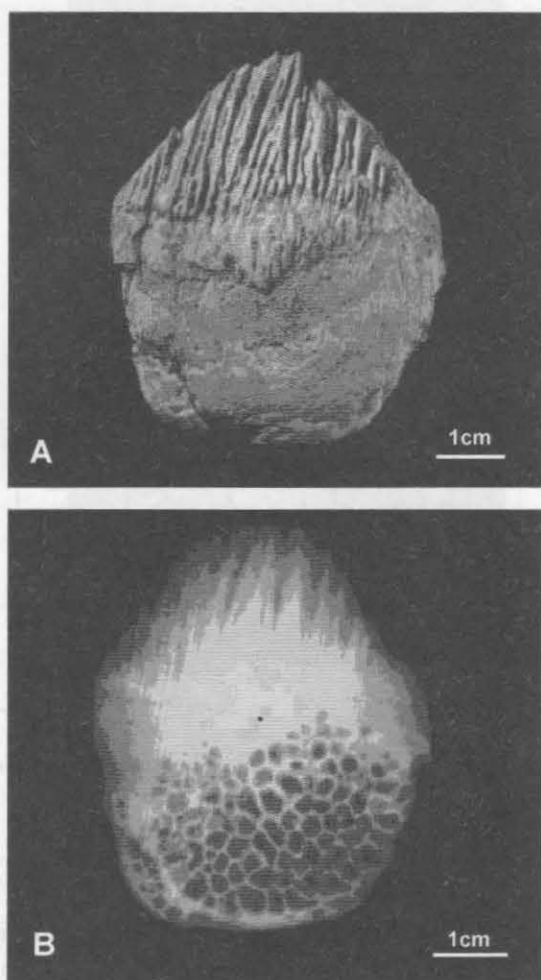


Figura 3.18 *Acregoliath ranci*, escama de um teleosteo da Formação Solimões (Plio-Pleistoceno), Bacia do Acre. (A) Feições gerais da escama em vista superficial externa fotografada em luz natural. (B) Radiografia da mesma escama, obtida a partir da superfície externa, revelando sua estrutura interna. Fotografias de Martha Richter.

potes de plástico e outros recipientes são essenciais para separar, acomodar e organizar os fósseis em gavetas ou prateleiras. Peças com grandes dimensões são, geralmente, de difícil acomodação em estantes ou mesmo para exposição. A confecção de bases de gesso com armações internas de arame são excelentes, proporcionando estabilidade e segurança ao fóssil.

Os armários e estantes de uma coleção devem ser preferencialmente de aço, pois a madeira, utilizada ainda na maioria das coleções científicas, pode com o tempo ser o substrato ideal para a proliferação de insetos, fungos e ácaros, além de reter umidade, compro-

metendo as peças do acervo. A umidade e variação de temperatura são altamente prejudiciais, causando microfaturas no material que com o tempo podem fragmentar o fóssil.

A proliferação de insetos como baratas e traças, bem como fungos e bactérias, são comuns em muitas coleções, implicando em consideráveis perdas para o acervo. O uso de inseticidas e outros produtos químicos, como a naftalina por exemplo, são às vezes eficientes, porém podem causar danos à saúde dos que trabalham constantemente nos ambientes da coleção. Seguramente, a maneira mais eficiente para proteção de uma coleção científica, é a aclimação permanente das salas através de aparelhos de ar condicionado e desumidificadores.

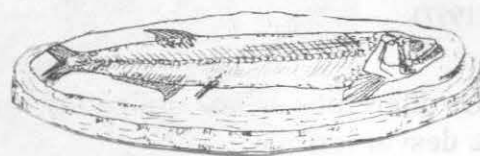
As coleções de fósseis são patrimônios da humanidade e as instituições de pesquisa devem se responsabilizar pela guarda e manutenção do acervo científico. O livre acesso às coleções é garantido a qualquer pesquisador, devendo este zelar pela integridade do material em estudo. As coleções particulares devem ser desestimuladas, pois apenas proporcionam a vaidade pessoal do colecionador, impedem o acesso de pesquisadores e tornam ocultos, fósseis de grande valor científico.

Referências

- ALMEIDA, C. P. 2000. *Abordagem tafonômica do jazigo fossilífero SD-1 da Gruta do Bauzinho de Ossos – Região Cárstica de Lagoa Santa, Minas Gerais*. Programa de Pós-Graduação em Geologia, Instituto de Geociências. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro. 80 p.
- ANDREWS, P. 1990. *Owls, Caves and Fossils*. The University of Chicago Press. 231 p.
- AZEVEDO, S. A.; GALLO, V. & FERIGOLO, J. 2000. A possible chelonian egg from the Brazilian Late Cretaceous. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 72(2): 187-193.
- CARTER, J. G. & AMBROSE, W. W. 1989. Techniques for studying molluscan shell microstructure. In: FELDMANN, R. M.; CHAPMAN, R. E. & HANNIBAL, J. T. (eds.). *Paleotechniques*. The Paleontological Society Special Publication n° 4, Randall S. Spencer Series Editor, p. 101-119.
- CLARK, S. & MORRISON, I. 1994. Methods and use of CT scan and X-ray. CT scan of fossils. In: LEIGGI, P.

TÉCNICAS DE PREPARAÇÃO QUÍMICA PARA VERTEBRADOS FÓSSEIS

Maria Eduarda de Castro Leal
Paulo Marques Brito



Ao preparar um espécime fóssil o pesquisador encontra-se diante de um dos mais importantes momentos de seu trabalho, porquê cada exemplar é único, freqüentemente de uma espécie já extinta há milhões de anos. Ou seja: é necessário que a maior quantidade possível de informações seja obtida a partir daquela peça, e muitas vezes uma informação crucial está oculta pela matriz envolvente, necessitando-se apenas de uma boa preparação que a revele para o pesquisador.

Pode-se entender a responsabilidade de quem empreende a tarefa de preparar um fóssil, e os motivos que levam a uma crescente especialização de pessoal e refinamento de técnicas utilizadas.

Para uma boa preparação, necessita-se de “mão firme”, ferramentas e técnicas adequadas, bons conhecimentos de anatomia e geologia, noções de química, e muita paciência. Cada etapa da preparação deve ser minuciosamente controlada, pois muitos fósseis podem ser inadvertidamente avariados ou destruídos pelo uso de técnicas não apropriadas, ou, mesmo no caso de utilização da técnica adequada, pela tentativa de acelerar o processo, feita por algum preparador mais afoito, o que poderá danificar irremediavelmente o espécime.

Ao longo da segunda metade do século XX, a utilização de produtos químicos revolucionou as técnicas de preparação de vertebrados fósseis; ao reagirem

com a matriz que envolve o fóssil, provocam sua dissolução e permitem a extração do espécime muitas vezes tridimensional. Graças ao contínuo aprimoramento destas técnicas, os pesquisadores passaram a ter acesso a complexos anatômicos e detalhes estruturais até então desconhecidos em formas fósseis, resultando em análises cada vez mais precisas dos espécimes estudados.

Neste capítulo serão discutidos os procedimentos para a preparação química de fósseis de vertebrados, com a indicação das diferentes técnicas, descrição detalhada das etapas e dos cuidados a serem observados em cada uma delas.

Preparação Química: a utilização de ácidos

A utilização de um ácido inorgânico foi pela primeira vez descrita por Steen (1930), que utilizou ácido clorídrico para dissolver crânios de anfíbios, obtendo assim a impressão destes na matriz. Esta técnica de dissolução dos elementos orgânicos foi posteriormente empregada por White (1935) em “ostracodermas”. Preocupado em preservar a estrutura óssea de seus espécimes, Bulman (1931) utilizou ácido clorídrico e ácido fluorídrico para remover um peixe de uma matriz de

arenito calcífero, fixando-o em uma lâmina de vidro. Embora os ácidos empregados neste caso tenham sido inorgânicos, com o desenvolvimento da técnica passou-se a dar preferência aos ácidos orgânicos, que permitem obter uma melhor preservação da estrutura óssea. A partir de Bulman (1931), vários autores passaram a utilizar ácidos na preparação de seu material fóssil (White, 1946; Toombs, 1948; Rixon, 1949; Toombs & Rixon, 1950).

Também conhecida como método de transferência (*transfer*) (Toombs & Rixon, 1950), a técnica de preparação de fósseis de vertebrados através do ataque à matriz calcária por uma solução de ácido orgânico tem demonstrado ser das mais eficazes quando se trata de preparação de material da Bacia do Araripe, sendo utilizado por inúmeros autores, como Braillon (1973), Maisey (1991), Kellner (1992), Martill (1993) e Brito (1997).

Os diferentes ácidos utilizados: vantagens e desvantagens

Dentre os ácidos orgânicos mais frequentemente utilizados na preparação estão o fórmico e o acético; embora o último seja o mais largamente empregado, devido ao seu baixo custo, e por ser menos prejudicial à saúde, o primeiro apresenta-se mais vantajoso, com resultados consideravelmente superiores.

Como desvantagens do uso de ácido acético podemos citar: a) o ataque significativo ao fosfato de cálcio presente nos elementos ósseos (Braillon, 1973); b) a formação de cristais que, com o seu crescimento, causam a ruptura dos ossos lamelares dos teleosteos - isto pode se dar mesmo após finda a preparação, pois permanecem resíduos do ácido no material; c) o odor intenso e desagradável emanado pelo ácido.

A utilização do ácido fórmico evita estes percalços, à exceção do mau cheiro (embora este seja mais suave). Um importante ponto negativo a ser considerado quando se pensa em utilizar ácido fórmico é o seu potencial teratogênico.

A importância dos agentes consolidantes para a preparação

A distinção entre agente consolidante e adesivo é arbitrária, indicando mais a concentração da solução do que diferenças entre o soluto; portanto, refere-se a diferentes graus de diluição de uma mesma substância. Geralmente o agente consolidante é menos con-

centrado, enquanto que no adesivo a concentração é maior (Wolberg, 1989).

Os agentes consolidantes são vitais para um bom resultado em um processo de preparação; isto se dá porque os fósseis podem encontrar-se, de acordo com os eventos tafonômicos envolvidos na fossilização, em diferentes graus de integridade e resistência; são, conseqüentemente, utilizados para manter a estrutura do fóssil coesa, quer no campo como no laboratório, impedindo a desintegração total ou parcial do exemplar durante o processo de preparação.

Importância dos ácidos na preparação de teleosteos fósseis preservados em concreções calcárias: o caso específico do material do Araripe

A utilização do ácido fórmico (ou acético) permite ao preparador extrair da matriz não apenas os ossos do espécime como eventuais amostras de tecido mole fosfatizado, relativamente comuns nas concreções calcárias e em calcário laminar procedentes de diversas localidades como Solnhofen na Alemanha, Cerin na França, Pinã del Rio em Cuba ou na Bacia do Araripe. Os resultados obtidos podem ser visualizados em duas importantes peças procedentes da Bacia do Araripe preparadas pelo método de transferência (figuras 4.1 e 4.2).

Abaixo daremos uma breve explicação sobre o mecanismo de ação do ácido fórmico. Julgamos tal explicação necessária porque uma análise química do mecanismo de preparação de fósseis preservados em matriz calcária está disponível apenas quando o ácido empregado é o acético (Braillon, 1973), faltando informações com relação ao fórmico.

O ácido fórmico (HCOOH ou HCHO_2) é um ácido orgânico molecular fraco. A dissociação em solução aquosa de um ácido orgânico molecular fraco, HB, é expressa pela equação geral:



onde os produtos são um próton (H^+) e a base conjugada (B^-) do ácido fraco. No HCHO_2 , o átomo de hidrogênio ionizável está ligado ao oxigênio, fazendo parte do grupo COOH (carboxila).

Por ocasião da preparação, o ataque do ácido se dá na matriz calcária, composta por CaCO_3 , nada acontecendo nas regiões fosfatizadas, compostas por $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.

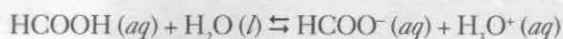


Figura 4.1 Visão lateral da face de *Araripelepidotes*, um semionotídeo do Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe, após preparação química.



Figura 4.2 *Obaichthys*, um lepisosteídeo do Cretáceo Inferior da Bacia do Araripe. Vista do neurocrânio após preparação química.

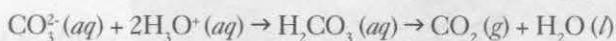
O ácido fórmico, que é um ácido orgânico fraco, dissocia-se parcialmente em presença de H_2O , tendo um hidrogênio do grupamento carboxílico ionizado, segundo a reação:



que forma então íons hidrônio (em solução aquosa, o íon H^+ é hidratado e freqüentemente escrito como íon hidrônio: H_3O^+).

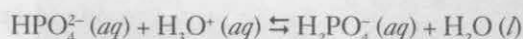
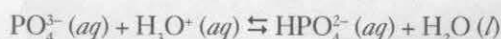
Quando o fóssil entra em contato com esta solução, observam-se as seguintes reações:

A) Os íons CO_3^{2-} do carbonato de cálcio reagem com os íons hidrônio formando ácido carbônico, que por sua vez se dissocia em água e gás carbônico, que é liberado para a atmosfera (daí observarmos aquele borbulhar característico):



Notem que todos os CO_3^{2-} disponíveis são consumidos nesse processo, ocasionando a degradação do carbonato de cálcio.

B) Do fosfato de cálcio vão reagir com o hidrônio os íons PO_4^{3-} . Acontece que os átomos de hidrogênio ligados ao fósforo não se dissociam em água, e teremos assim a formação de espécies estáveis: o hidrogenofosfato de cálcio ($CaHPO_4$) e o dihidrogenofosfato de cálcio ($Ca(H_2PO_4)_2$), dos quais vão reagir os íons HPO_4^{2-} e $H_2PO_4^-$. Fica assim caracterizado um caso de equilíbrio tamponado, com reagentes e produtos em equilíbrio e pH constante; em um sistema tamponado as concentrações de H^+ e de B^- são aproximadamente iguais. As reações não se completam, mas produzem uma mistura de reagentes e produtos em equilíbrio:



Como existe um equilíbrio e as reações são reversíveis, uma espécie química podendo se converter na outra, o fosfato não é consumido de modo que os tecidos moles não são degradados pelo ácido fórmico, permanecendo inalterados, assim como o fosfato presente nos ossos.

Material utilizado

- Ácido Fórmico ($HCHO_2$) a 85%
- Acetona (pura) ou Acetato de Etila

Obs: Não deve ser utilizada a acetona comum vendida em farmácias, pois o resultado é uma película esbranquiçada residual decorrente da evaporação do produto, que recobre o material e torna difícil a observação.

- Fosfato tricálcico ($Ca_3(PO_4)_2$)
- Agente consolidante (cola plexigum ou paralóide)
- Plastilina (massa de modelar)
- Resina acrílica
- Resina epóxi
- Água (H_2O ; não há necessidade de destilação)
- Provetas de 500ml e 1000ml
- Agulhas e trepanador
- Bandejas e recipientes plásticos (ou de qualquer outro material inerte, não-reativo) diversos (o tamanho varia de acordo com as dimensões do material a ser preparado)
- Pincéis diversos
- Caixas de tamanhos diversos (madeira ou papelão)
- Plástico bolha

Etapas da preparação

A) Uma vez aberta a concreção por impacto mecânico, toma-se uma metade, e a face onde está exposto o espécime deve ser incluída em resina acrílica.

B) Para tanto, modela-se com a plastilina uma "cama" em torno do material, como ilustrado na figura 4.3 A. Extremo cuidado deve ser tomado para que a plastilina fique totalmente aderida à matriz, sem o que podem ocorrer vazamentos e a inclusão ficará imperfeita.

C) Mistura-se a resina ao catalisador na proporção de 20 gotas de catalizador para cada 100g de resina, (ou seguindo orientações do fabricante; o importante é que a polimerização não seja "instantânea" – como é o caso de diversas marcas de resina disponíveis no mercado) derramando-se a mistura vagarosamente (para evitar bolhas) sobre o material (figura 4.3 B).

D) Aguarda-se cerca de 24h até a completa polimerização da resina, quando então retira-se a "cama" de plastilina.

E) Retira-se mecanicamente tanta matriz quanto possível com o auxílio das agulhas e do trepanador; por último fazem-se sulcos na matriz para facilitar e agilizar a ação do ácido ficando o material com a aparência ilustrada na figura 4.3 C.

F) O material é então totalmente imerso em uma solução tamponada de ácido fórmico a 10% (figura 4.3 D).

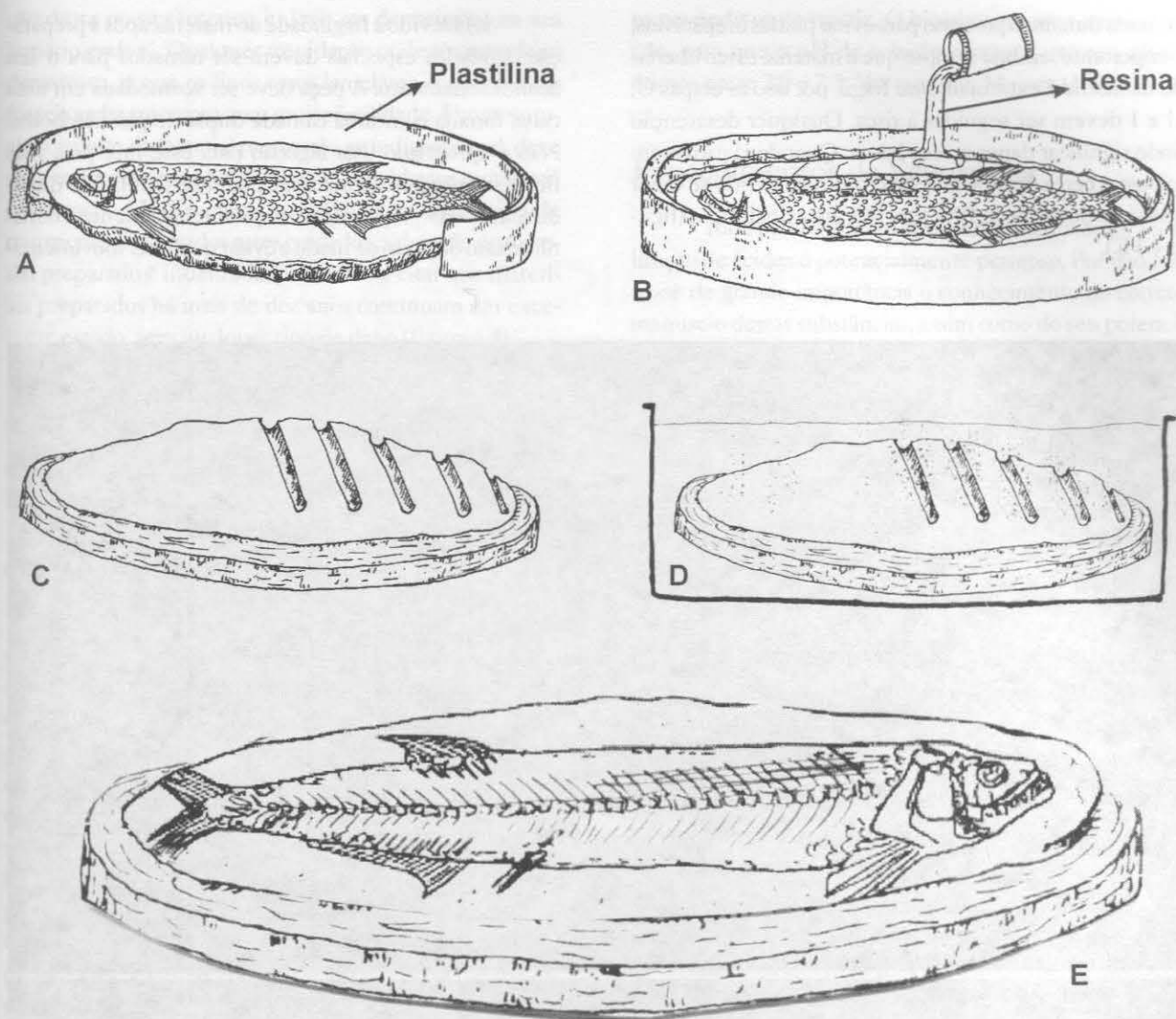


Figura 4.3 Etapas da preparação. (A) Confeção da cama de plastilina; (B) Inclusão na resina; (C) sulcos na matriz; (D) Imersão no ácido e (E) Material preparado.

O tamponamento se faz saturando-se a solução ácida com fosfato tricálcico; este cuidado faz com que o ataque do ácido ao espécime seja mínimo. É importante estar atento para que a evaporação da solução não cause a emersão do material, pois em tal caso ocorre a cristalização do ácido, causando a ruptura dos ossos lamelares.

G) O material deve ficar sob constante vigilância. Assim que os primeiros ossos aparecerem, a peça é retirada do ácido e imersa em água para neutralização, que deve durar ao menos 12hs. O ideal é que a água seja corrente.

H) Procede-se à secagem da peça por 24hs, período após o qual fica pronta para a colagem.

I) A colagem é feita pincelando-se delicadamente a superfície exposta dos ossos com a solução de agente consolidante ("plexigum" + acetona). Após esta etapa, a peça deve secar no mínimo por 24hs, quando estará pronta para voltar para o ácido. Qualquer resíduo de cola que permaneça na matriz deve ser removido com um pincel embebido em acetona pura. No caso de haver forte presença de calcita no exemplar, é conveniente preencher os espaços formados com resina epóxi, o que evita a fragmentação da peça.

J) Repetem-se as etapas F, G, H e I até que toda a matriz tenha sido removida. Muita atenção deve ser dis-

pensada durante o processo para evitar perdas irreparáveis; é importante lembrar sempre que o material ósseo libertado da matriz é extremamente frágil, por isso as etapas G, H e I devem ser seguidas à risca. Qualquer desatenção pode significar danos ao espécime. Quando já estiverem expostos cerca de 60% do espécime, recomenda-se diluir a solução de ácido de 10% para 5%, até a finalização (figura 4.3 E).

K) Devido à fragilidade do material após a preparação, cuidados especiais devem ser tomados para o seu acondicionamento. A peça deve ser acomodada em uma caixa forrada com uma camada dupla de plástico bolha. Não é apropriado usar algodão para este fim, pois suas fibras se enredam no material, podendo danificá-lo quando removidas. A caixa deve ter preferencialmente o tamanho exato da peça, de modo a evitar qualquer movimenta-

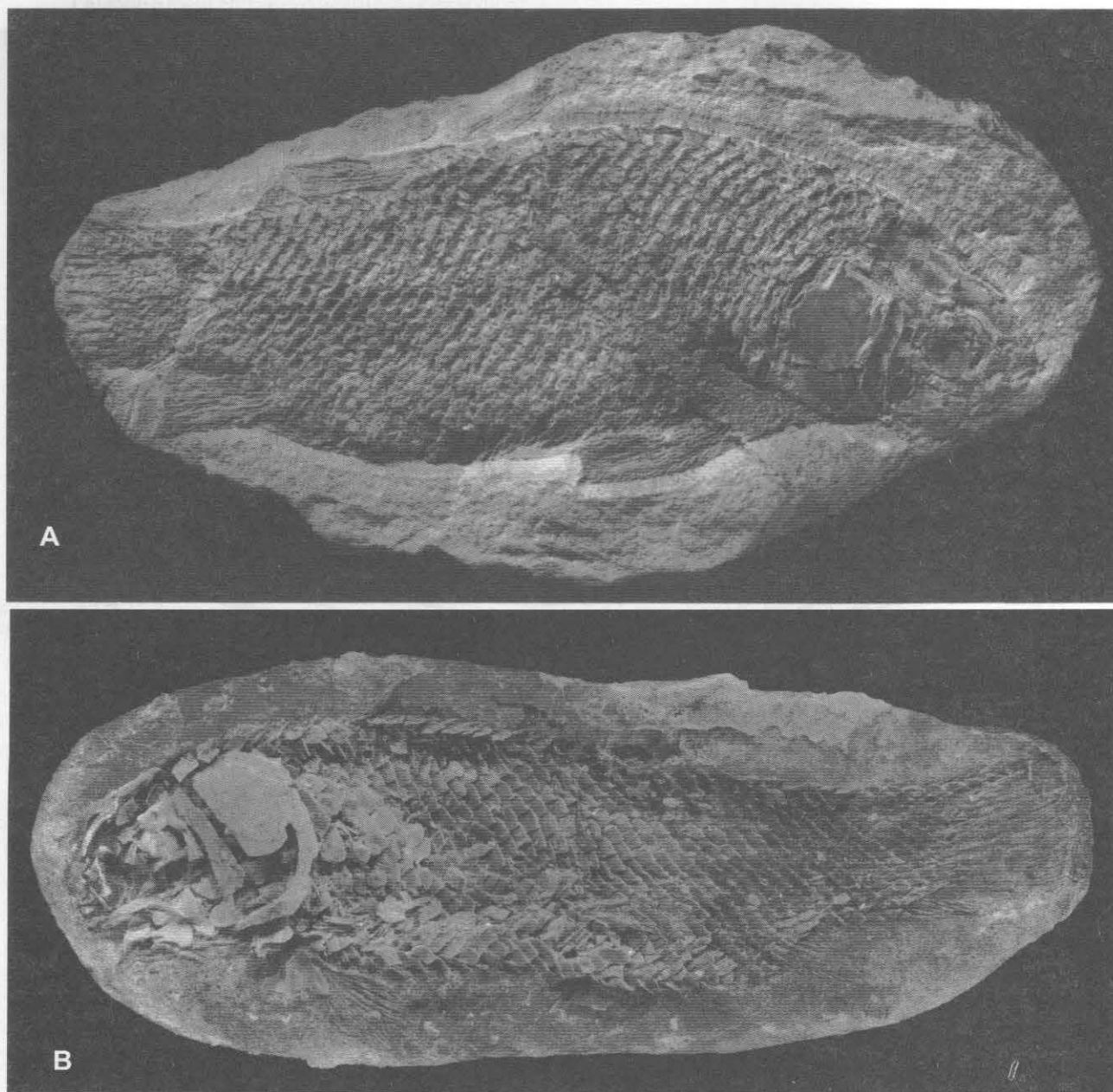


Figura 4.4 Exemplo de “antes e depois” em uma preparação química clássica. Em A, a concreção com o exemplar de *Araripelepidotes* foi recém aberta; em B, após a preparação química, o mesmo espécime, agora com suas estruturas osteológicas evidenciadas.

ção desta no seu interior, e deve ser depositada em um armário estável. Qualquer trepidação pode ter um efeito desastroso, já que os finos ossos lamelares dos teleósteos fósseis se fragmentam com muita facilidade. Um eventual transporte do material preparado, se indispensável, deve ser cercado por grandes precauções devido aos motivos já expostos; o ideal é evitar ao máximo qualquer tipo de transporte. Observados estes cuidados, a duração do material preparado é indefinida, podendo-se citar que materiais preparados há mais de dez anos continuam em excelente estado, sem qualquer tipo de dano (figura 4.4).

Técnicas de Preparação Mista (Mecânica/Química)

Para fósseis de vertebrados preservados em lajes calcárias

Consiste esta técnica basicamente em uma utilização equilibrada do ataque químico associado à preparação mecânica. A qualidade de preservação 2D dos materiais encontrados em lajes calcárias é especialmente satisfatória para a análise de certas estruturas, como o complexo caudal de teleósteos. Para a obtenção de bons resultados, é essencial que o grosso da preparação seja realizado mecanicamente, com o auxílio de lupa (microscópio de luz refletida) e agulhas finas. Para tanto, é indispensável um porta-agulha que mantenha firmemente fixada a ponteira. O ataque com ácido é feito para finalizar a preparação, pingando-se algumas gotas de ácido fórmico a 5% nas regiões desejadas, para livrá-las de resquícios de calcário, evidenciando melhor as estruturas. O espécime deve ser imerso em água imediatamente após o término da reação, o que se dá geralmente em poucos segundos.

Blum *et alii* (1989) refinaram a técnica para utilização em material impregnado com elementos ferrosos, que podem estar presentes não apenas na matriz como nos elementos ósseos do espécime, na forma de óxido férrico (Fe_2O_3). O método, batizado de Método de Waller, mostrou-se extremamente eficaz na preparação de material preservado em lajes calcárias da Bacia do Araripe. Combina-se a preparação mecânica com a utilização de uma solução redutora composta por citrato de sódio ($\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), bicarbonato de sódio (NaHCO_3) e ditionito de sódio ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$). O óxido férrico (Fe_2O_3) é então reduzido a hidróxido de ferro ($\text{Fe}(\text{OH})_2$) pela ação do ditionito de sódio. Sendo mais solúvel que o óxido férrico, o hidróxido de ferro é então atacado pelo citrato de sódio, que seqüestra os íons ferrosos solubilizando-os e

removendo-os da matriz. O bicarbonato atua como tampão, para que o pH da solução mantenha-se nos níveis ótimos entre 7.0 e 7.3. Ver também Maissey (1991).

Procedimentos de Segurança

Todo procedimento laboratorial envolvendo a utilização de ácidos é potencialmente perigoso. Por isso torna-se de grande importância o conhecimento do correto manuseio destas substâncias, assim como do seu potencial de reatividade química.

Os laboratórios devem ser equipados com um "lavador de olhos" e um chuveiro de emergência, facilmente acionáveis por uma alavanca. As pessoas designadas para a preparação devem se proteger utilizando óculos plásticos, luvas e aventais de borracha.

A preparação deve ser realizada em local bastante ventilado, onde haja bom escape dos gases (que são produzidos em grande quantidade tanto pela resina quanto pelo ácido, e podem causar reações bastante desagradáveis se inalados); o ideal é que se utilize uma capela.

Por último, segundo Grant (1989), todo laboratório no qual se faça uso de ácidos deve manter um estoque de soda (tanto carbonato como bicarbonato) para ser usada como agente neutralizador do ácido em caso de acidente.

Considerações Finais

Embora não deva ser vista como uma técnica definitiva, levando-se em conta o possível desenvolvimento de novos processos de preparação química, é inquestionável o papel que a preparação com ácidos vem desempenhando na paleontologia ao longo deste século, com o progressivo aperfeiçoamento da técnica proporcionando cada vez melhores preparações e maior aproveitamento do material.

Como principais vantagens pode-se citar a obtenção de espécimes tridimensionais, com perfeita visualização de estruturas tais como forâmens e canais sensoriais, nem sempre obtidos pela preparação mecânica; a possibilidade de obtenção de material fosfatizado (tecidos moles); e ainda um maior dinamismo no procedimento de preparação, pois é possível o processamento de vários espécimes ao mesmo tempo.

Como desvantagens é preciso levar em conta que, ao contrário do que pode parecer, o tempo despendido na preparação nem sempre é curto; as etapas F, G, H e I são repetidas muitas vezes, e freqüentemente a quantidade

de matriz retirada durante um dia de preparação é muito pequena, o que pode estender o trabalho por mais de um mês em uma única peça, dependendo da fragilidade do espécime. Com relação à fragilidade do espécime temos outra desvantagem (provavelmente a maior) da preparação com ácidos: há um enfraquecimento das estruturas ósseas, em parte resultado do ataque do ácido ao carbonato de cálcio presente na matriz óssea. Não são incomuns os danos ao material, mesmo tomando-se todas as precauções.

Pelos motivos expostos é de grande importância o correto armazenamento dos espécimes preparados. Os procedimentos curatoriais devem levar em conta a extrema fragilidade do material, sob pena de perda total.

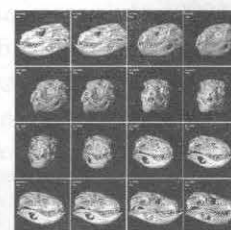
Atenção especial deve ser dirigida aos dados tafonômicos antes de se iniciarem os procedimentos de preparação química, pois uma vez iniciada a dissolução da matriz calcárea pelo ácido, toda a informação relativa ao microambiente representado pela concreção estará perdida, como por exemplo o conteúdo de microfósseis ou organismos menores, tais como pequenos crustáceos, algas, além de coprólitos, freqüentes nas concreções.

Referências

- BRAILLON, J. 1973. Utilisation de techniques chimiques et physiques dans le dégagement et le triage des fossiles de vertébrés. *Bulletin Muséum National d'Histoire Naturelle*, ser. 3, 176: 141-166.
- BRITO, P. M. 1997. Révision des Aspidorhynchidae (Pisces, Actinopterygii) du Mésozoïque: ostéologie, relations phylogénétiques, données environnementales et biogéographiques. *Geodiversitas*, 19 (4): 681-772.
- BULMAN, O. M. B. 1931. Note on Palaeospondylus gunni, Traquair. *Annals and Magazine of Natural History*, 8: 179-190.
- GRANT, R. E. 1989. Extraction of fossils from carbonates by acid. In: *Paleotechniques*, p. 237-243. In: FELDMANN, R. M.; CHAPMAN, R. E. & HANNIBAL, J. T. (eds.). The Paleontological Society Special Publication No. 4, 1989, 358 p.
- KELLNER, A. W. A. 1992. Técnica de preparação para tetrápodes fósseis preservados em rochas calcárias. *A Terra em Revista, CPRM*, p. 24-31.
- MAISEY, J. G. (ed.). 1991. *Santana Fossils: an illustrated atlas*. Tropical Fish Hobbyist Publications, New Jersey. 459 p.
- MARTILL, D. M. 1993. *Fossils of the Santana and Crato Formations, Brazil*. The Palaeontological Association, London. 159 p.
- RIXON, A. F. 1949. The use of acetic and formic acids in the preparation of fossil vertebrates. *The Museums Journal*, 49: 116-117.
- STEEN, M. C. 1930. The British Museum collection of Amphibia from the middle coal measures of Linton, Ohio. *Proceedings of the Zoological Society of London*, 55: 849-891.
- TOOMBS, H. A. 1948. The use of acetic acid in the development of vertebrate fossils. *The Museums Journal*, 48: 54-55.
- TOOMBS, H. A. & RIXON, A. E. 1950. The use of plastics in the "Transfer Method" of preparing fossils. *The Museums Journal*, 50: 105-107.
- TOOMBS, H. A. & RIXON, A. E. 1959. The use of acids in the preparation of vertebrate fossils. New York, *Curator* 2: 304-312.
- WHITE, E. I. 1935. The ostracoderm *Pteraspis* Kner and the relationships of the Agnathous Vertebrates. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 225, ser. B: 381-457.
- WHITE, E. I. 1946. The genus *Philaspis* and the "Psamosteus Limestone". *Quarterly Journal of Geological Society of London*, 101: 207-242.
- WOLBERG, D. L. 1989. Glues and other stick'ums and patch'ums, stabilizing compounds for strengthening fossils. In: FELDMANN, R. M.; CHAPMAN, R. E. & HANNIBAL, J. T. (eds.). The Paleontological Society Special Publication N° 4, 1989, *Paleotechniques*, p. 249-259.

METODOLOGIAS DIGITAIS APLICADAS AO ESTUDO DE VERTEBRADOS

Sergio Alex Kugland de Azevedo
Luciana Barbosa de Carvalho
Domenica Diniz dos Santos



A tomografia computadorizada é uma técnica que fornece arquivos gráficos que podem ser utilizados como base em diferentes tipos de análises. Tem sua aplicação tradicional na medicina, sendo amplamente utilizada em função de ser um método não invasivo, rápido e de alta precisão diagnóstica que permite a visualização imediata de estruturas internas sem qualquer tipo de risco ao paciente.

O procedimento aqui discutido abre ao pesquisador novas vertentes de trabalho na análise dos vertebrados fósseis. Essas ferramentas (imagens digitais tratadas no computador) proporcionam ao pesquisador dados que antes não poderiam ser estimados devido ao impossível acesso, sem danos, às estruturas intracranianas ou a materiais ainda incluídos na matriz.

Os equipamentos utilizados na obtenção das imagens são de aplicação médica e consistem em tomógrafos tridimensionais helicoidais (figura 5.1). Várias marcas são encontradas no mercado e aqui serão citadas àquelas disponíveis nas instituições hospitalares que colaboram com as pesquisas do Projeto “Dinossauros em Meio-Digital”, em desenvolvimento no Setor de Paleovertebrados do Museu Nacional/UFRJ, em conjunto com o Instituto Nacional de Tecnologia (INT/MCT) e Centro de Pesquisas Renato Archer (CenPRA/MCT). Foram utilizados o tomógrafo

computadorizado helicoidal – Philips/CT Secura (Hospital Central do Exército - HCE), o tomógrafo computadorizado helicoidal multislices – Siemens/Somatom Plus 4 – Volume Zoom (Clínica de Diagnóstico por Imagem - CDPI) e o Siemens/Somatom Balance (Hospital Universitário Clementino Fraga Filho – HUCFF/UFRJ).



Figura 5.1 Análise tomográfica em “bloco de campo”.

A tomografia computadorizada em estudos paleontológicos vêm sendo aplicada com sucesso desde os anos 80 (Conroy & Vannier, 1984). Na última década do século 20, essa metodologia passou a ser intensamente utilizada. Luo & Ketten (1991), produziram, através de imagens tomográficas, reconstruções das estruturas do ouvido interno de mamíferos multituberculados. Rowe *et alii*, (1993) produziram um CD-Rom com estudos sobre *Thrinaxodon*, e Carlson (1993) apresentou uma introdução à tecnologia da tomografia computadorizada. Willis *et alii* (1995), utilizaram análises tomográficas no estudo do crânio de um crocodilo do Eoceno de Queensland, Austrália. Jabo *et alii* (1999) usaram imagens e modelos tridimensionais para auxílio na montagem de uma réplica de *Triceratops*. Rowe *et alii* (1999) obtiveram uma série de cortes a partir da tomografia computadorizada do crânio de um jovem exemplar de *Alligator mississippiensis* para visualizar tridimensionalmente estruturas intra-cranianas anteriormente não observadas pelos pesquisadores. Brochu (2000) produziu imagens digitais do crânio de *Tyrannosaurus rex* adquirindo informações das cavidades endocranianas vasculares e estruturas nervosas. Lyons *et alii* (2000), através da tomografia computadorizada, produziram um modelo tridimensional digital do basisfenóide-basioccipital de um *Tylosaurus* juvenil. Walters & Chapman (2001) reconstruíram *Triceratops* "em vida". Andersen *et alii* (2001) discutiram a utilidade da prototipagem para o estudo de vertebrados fósseis. Maisey (2001) conseguiu descrever estruturas do endocrânio e do labirinto de *Cladodus wildungensis* ainda imersas em sedimento, através de imagens tomográficas, evitando os possíveis riscos de perda deste material durante a retirada da matriz encaixante. Rowe

et alii (2001), aplicando a tecnologia de tomografia computadorizada, detectaram a fraude do *Archaeoraptor*, onde foram utilizados espécimens diferentes para a formação de um único exemplar. Alcober (2002) analisou crânios de diversas espécies de arcossauros e cinodontes do Triássico da Argentina obtendo um mapa completo das suturas e passagens dos nervos e canais pneumáticos permitindo interpretar sua funcionalidade. Andersen *et alii* (2002) produziram um modelo virtual do crânio do *Tyrannosaurus rex*. Balanoff & Rowe (2002) descrevem a osteologia do embrião do pássaro elefante (*Aepyornis*) sem a necessidade de danificar o ovo fóssil. Kohno & Uno (2002), revelaram o padrão de substituição dentária de *Desmostylus* e sua respectiva fórmula. Nance (2002) realizou uma pesquisa morfológica das características do crânio de *Angolosaurus skoogi*. Wilhite (2002) produziu um estudo da articulação entre a escápula-coracóide, úmero, rádio e ulna de *Diplodocus*, *Apatosaurus* e *Camarasaurus* criando modelos que ilustrariam a locomoção de saurópodes do Jurássico Norte-Americano.

No Brasil essa técnica foi inicialmente aplicada por Azevedo, Silva & Silva (1994) e Azevedo, Silva & Ferigolo (1994, 2000). Posteriormente, já dentro dos resultados preliminares do Projeto "Dinossauros em Meio Digital", uma série de resultados foram apresentados Grillo *et alii* (2003), Ramos *et alii* (2003), D.Santos *et alii* (2003) e J.Santos *et alii* (2003).

A metodologia empregada para a obtenção das imagens por tomografia envolve o uso da tomografia tridimensional helicoidal, que é capaz de gerar uma série de imagens bidimensionais de cortes sucessivos (figura 5.2) que, em sequência, transmitem informações volumétricas.



Figura 5.2 Tomografia computadorizada helicoidal no crânio de *Mariliasuchus amarali* (MN 6298-V). (A) Corte axial. (B) Corte sagital. (C) Corte coronal.

Técnicas e Equipamentos

Os resultados obtidos variam de acordo com o nível de densidade do fóssil e de diferenças entre o material de origem óssea e a matriz sedimentar. O exame tomográfico se dá através de cortes sequenciais do exemplar. Com base nas dimensões e características morfológicas de cada fóssil, são utilizadas diferentes espessuras de corte.

O grande diferencial desta técnica (além de permitir a visualização de estruturas internas do material fóssil analisado) está na realização da reconstrução tridimensional, onde o exame tomográfico é tratado digitalmente de modo a produzir imagens tridimensionais volumétricas virtuais (figura 5.3), nas quais pode-se trabalhar com variáveis de densidades tornando possível a delimitação precisa do material fóssil. Assim, o exemplar pode ser visualizado por com-

pleto em vários ângulos, sem a interferência da matriz interna e envolvente.

No caso de blocos trazidos do campo, a utilização dessa técnica proporciona uma visão prévia do fóssil inserido no bloco e consiste em importante dado para orientar a preparação do exemplar. O processo de análise de densidade por tomografia tridimensional helicoidal (espécie de “preparação virtual” – figura 5.4) pode ser igualado ao processo de preparação mecânica ou química, onde, com a retirada da matriz encaixante, o material fossilífero é exposto. Esse tipo de exame permite ainda a visualização do posicionamento original do fóssil em relação à sua matriz encaixante e do posicionamento dos diferentes componentes ósseos do exemplar, permitindo a obtenção de importantes dados tafonômicos, geralmente perdidos por ocasião do processo de preparação (figura 5.5).

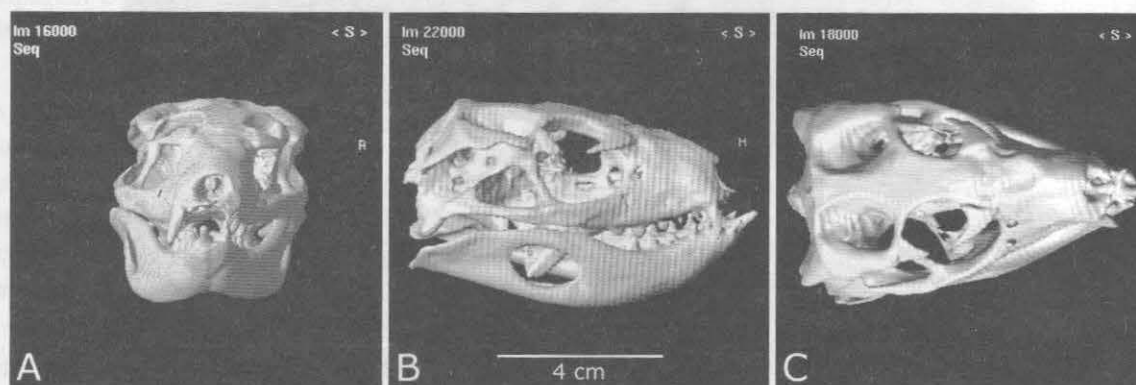


Figura 5.3 Reconstrução volumétrica (tridimensional) no crânio de *Mariliasuchus amarali* (MN 6298-V). (A) Vista frontal. (B) Vista lateral. (C) Vista dorsal.

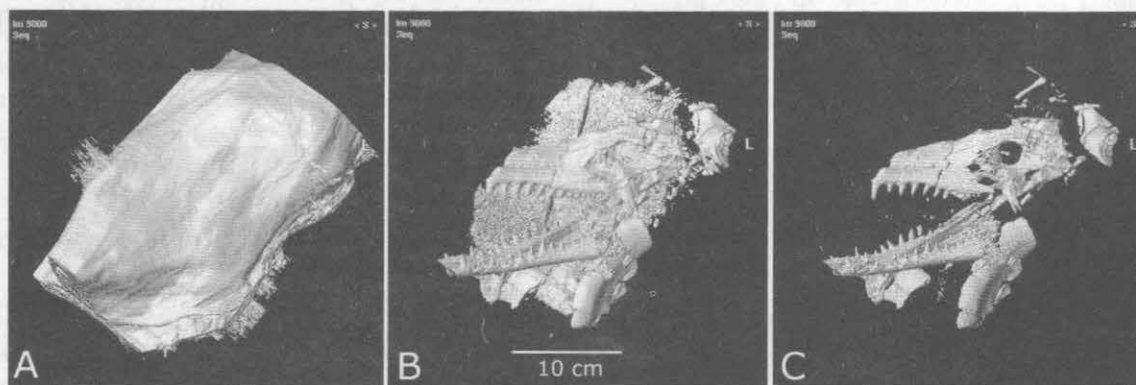


Figura 5.4 “Preparação virtual” de bloco de campo (MN 06-T) contendo fóssil de crocodiliano ainda não preparado e não identificado. (A) Bloco de campo ainda gessado - sem filtragem. (B) Filtragem parcial. (C) Filtragem completa - para retirada do sedimento encaixante.

A tomografia tridimensional helicoidal possibilita o acesso a estruturas internas dos exemplares fósseis através de metodologia não invasiva permitindo, sem impor danos ao material, a análise da morfologia encefálica e endocraniana, por exemplo. Pode ser ainda utilizada nas análise de densidade diferenciada em estruturas ósseas permitindo avaliar tanto aspectos diagenéticos quanto ontogenéticos.

Uma outra possibilidade de análise digital de vertebrados fósseis se dá a partir dos arquivos DICON, obtidos através da tomografia tridimensional helicoidal, que podem ser digitalmente transformados de modo a gerarem arquivos tridimensionais do tipo STL, nos

quais é possível corrigir deformações ou perdas decorrentes do processo de fossilização. Esse tipo de arquivo pode ainda ser utilizado como base para a produção de modelos virtuais e protótipos físicos tridimensionais.

A prototipagem rápida (figura 5.6) consiste em uma tecnologia que utiliza modelos obtidos por computador ou digitalizados diretamente de objetos para construir protótipos tridimensionais através da superposição de camadas milimétricas de matérias primas variadas (papel, cera, plástico, por exemplo).

A prototipagem rápida surgiu ao final dos anos de década de 1980, possibilitando que uma peça con-

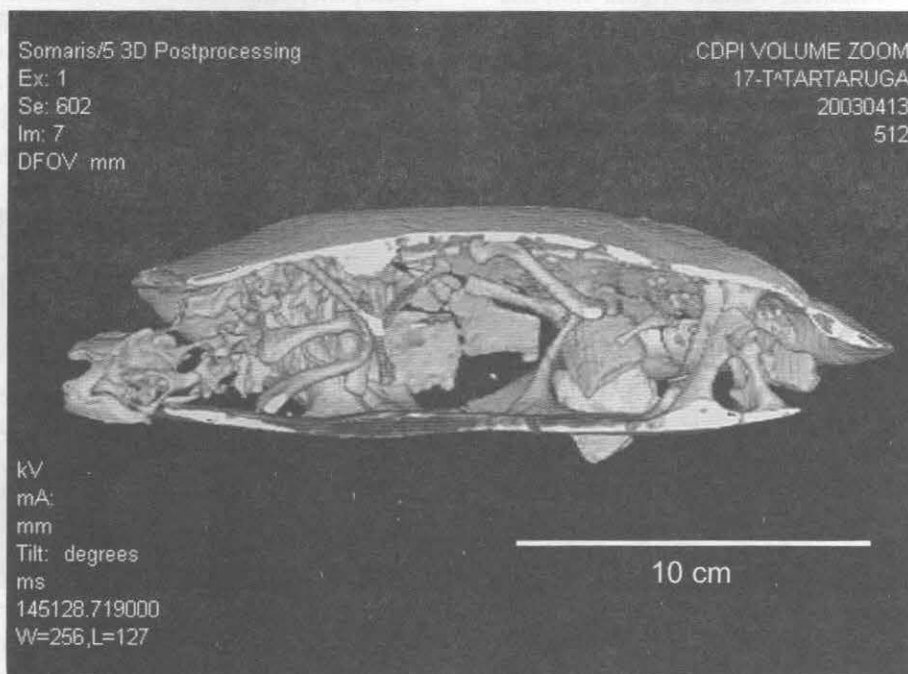


Figura 5.5 Reconstrução volumétrica (tridimensional) em exemplar de *Podocnemis* sp. (Bloco MN 17-T) preparado virtualmente de modo a mostrar a disposição interna dos ossos.

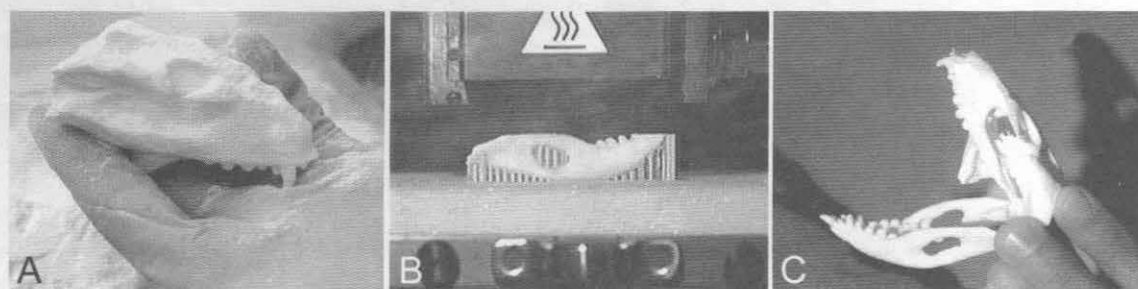


Figura 5.6 Prototipagem física do crânio/mandíbula de *Mariliasuchus amarali* (MN 6298-V). (A) Fase de pré-acabamento do crânio. (B) Prototipagem da mandíbula. (C) Protótipo concluído.

cebida em computador pudesse ser confeccionado tridimensionalmente com rapidez, economia e segurança (Santos, 1999). A tecnologia de fabricação automática de modelos, embora date de 1902, ainda se encontra em constante avanço tecnológico.

A tecnologia da prototipagem não se restringe apenas à utilização de cunho industrial. Segundo Jacobs (1996) uma outra importante vertente é a médico hospitalar. Na Europa, EUA e Japão, vários estudos em casos práticos apontam para uma disseminação desse tipo de tecnologia como uma das mais promissoras. A utilização da prototipagem na medicina pode ser realizada da seguinte forma: em intervenções cirúrgicas devido a defeitos congênitos, estudos de órgãos e como matrizes para reprodução de partes ósseas e seu consequente implante.

A estereolitografia (polímeros líquidos sensíveis à luz) foi o primeiro sistema comercialmente disponível, seguida então por várias outras tecnologias de prototipagem e dentre elas destacam-se FDM (*fused deposition modeling*) e SLS (*selective laser sinterising*).

A obtenção de modelos físicos (protótipos) vem sendo também de grande valia no estudo de vertebrados fósseis (J. Santos *et alii*, 2003). Com ela tem se obtido réplicas bastante fiéis aos originais que têm sido utilizadas em análises paleontológicas, exposições, apresentações e palestras e, ainda, na permuta entre instituições de pesquisa da área paleontológica.

A utilização de tecnologias que permitem a obtenção de dados tridimensionais a partir de exemplares fósseis possibilitam o tratamento de imagens com vistas à correção digital de deformações e complementação de partes perdidas durante os processos diagenéticos envolvidos. De posse do fóssil "corrigido", de modo a reproduzir suas condições originais, é possível realizar análises morfológicas e biomecânicas com melhores condições para a obtenção de resultados mais confiáveis.

Referências

- ALCOBER, O. 2002. Tomografia digital de tetrápodos triásicos de Argentina. *Ameghiniana*, 39 (4 Supl.): 5R.
- ANDERSEN, A. F.; CHAPMAN, R. E. & DICKMAN, J. 2001. Using prototyping technology in vertebrate paleontology. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 21(3): 28A.
- ANDERSEN, A. F.; WILCOX, B. & LARSON, P. 2002. 3-D Scan of a *Tyrannosaurus rex* skull. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 22(3): 32A.
- AZEVEDO, S. A.; SILVA, V. G. & FERIGOLO, J. 1994. Um ovo de quelônio do Neocretáceo do Brasil. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 66(2): 255.
- AZEVEDO, S. A.; SILVA, J. P. & SILVA, V. G. 1994. O Uso da Tomografia Computadorizada na Paleontologia de Vertebrados. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 66(2): 254.
- AZEVEDO, S. A.; SILVA, V. G. & FERIGOLO, J. 2000. A possible chelonian egg from the Brazilian Late Cretaceous. *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 72(2): 187-193.
- BALANOFF, A. & ROWE, T. 2002. Osteological description of a elephant bird embryo using computed tomography and rapid prototyping, with a discussion of growth rates in *Aepyornis*. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 22(3): 34A.
- BROCHU, C. A. 2000. A digitally-rendered endocast for *Tyrannosaurus rex*. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 20(1): 1-6.
- CARLSON, W. 1993. A brief introduction to computed X-ray tomography. In: ROWE, T.; CARLSON, W. & BOTTORF, W. (eds.). *Thrinaxodon: Digital Atlas of the Skull*. The University of Texas Press. CD-ROM.
- CONROY, G. C. & VANNIER, M. W. 1984. Noninvasive three-dimensional computer imaging of matrix-filled fossil skulls by high-resolution computed tomography. *Science*, 226: 1236-1239.
- GRILLO, O. N.; OLIVEIRA, M. S.; ROMANO, P. S.; SANTOS, D. D.; HATAKEYAMA, M. M.; SANTOS, J. R. L. & AZEVEDO, S. A. 2003. Reconstituição "em vida" de *Staurikosaurus pricei* (Dinosauria: Theropoda). In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA DE VERTEBRADOS, 3, Rio de Janeiro, *Livro de Resumos*. R. 21.
- JABO, S. J.; KROEHLER, P. A.; ANDERSEN, A. F. & CHAPMAN, R. E. 1999. The use of three-dimensional computer imaging and scale-model prototypes in the mounting of a cast of *Triceratops*. *Journal of Vertebrate Paleontology*, 19(3): 54A.
- JACOBS, P. F. 1996. *Stereolithography and other RP&M Technologies from Rapid Prototyping to Rapid Tooling*. Society of Manufacturing Engineers and Rapid Prototyping Association. 392p.
- KOHNO, N. & UNO, H. 2002. Dental formula and tooth replacement pattern in *Desmostylus* as revealed by

MOLDAGEM E REPLICAÇÃO DE FÓSSEIS

Luiz Eduardo Anelli
Jorge Oyakawa
Sílvia Silva Cruciol Figueiredo
Cleber Pereira Calça

Fósseis são objetos fascinantes que estimulam o pensamento e a criatividade de pessoas de todas as idades. Com eles, é possível conhecer a vida pré-histórica, viajar milhões de anos no tempo passado, encontrar formas de vida ainda desconhecidas, desvendar os mistérios de uma Terra com clima, mares, oceanos e continentes muito diferentes do que hoje conhecemos. No entanto, os fósseis são raridades em todo o mundo, estando concentrados em coleções científicas de universidades, museus, ou ainda presos nas rochas, aguardando por serem descobertos pelos paleontólogos. Em todos esses casos o acesso é difícil à imensa maioria das pessoas.

O Brasil, considerando suas grandes dimensões geográficas, é relativamente pobre em fósseis se comparado a países ou continentes próximos, como Argentina, Estados Unidos e Europa. Isto se deve a um conjunto de fatores ligados tanto à história geológica do Brasil, como também ao nosso desenvolvimento sócio-econômico. Por exemplo, o Brasil permaneceu durante boa parte da Era Paleozóica sob clima frio, em latitudes mais altas ocupadas pelo supercontinente Gondwana, do qual fazia parte a América do Sul. Devido a isso, durante aproximadamente 100 milhões de anos, a baixa diversidade de espécies de invertebrados e vertebrados prevaleceu, contrariamente, por exemplo, à

América do Norte, que permaneceu durante toda a Era Paleozóica nas regiões equatoriais, apresentando numerosas espécies de invertebrados e vertebrados, além de extensas florestas, preservadas nas rochas dessa idade. Além disso, extensas seqüências de rochas sedimentares marinhas dos dois primeiros períodos do Éon Fanerozóico (Cambriano, Ordoviciano), ricos em fósseis de invertebrados em outros continentes, não ocorrem ou são pouco expressivos nas três grandes bacias sedimentares brasileiras do Amazonas, Paraná e Parnaíba. Outro fator importante é a inexistência de cadeias de montanhas jovens formadas por rochas de origem marinha, expostas por dobramentos e erosão, como ocorre, por exemplo, com as rochas de idade paleozóica do Perú e Bolívia, aflorantes nas montanhas Andinas. A baixa densidade das malhas rodoviária e ferroviária que, durante sua construção, produzem um grande número de novas exposições (afloramentos) devido aos cortes de rochas produzidos, é baixa no Brasil, quando comparadas, por exemplo, às da Europa e América do Norte. O forte intemperismo produzido pelo clima tropical úmido, que predomina na maior parte do território brasileiro, destrói as camadas superficiais das rochas fossilíferas, abreviando o período de coleta tanto nos afloramentos naturais, quanto nos artificiais produzidos pelo homem (tais como cortes de estrada e pedreiras).



Só recentemente têm surgido no Brasil museus contendo exposições de coleções paleontológicas, ampliando muito o contato do público leigo com os fósseis. Na maioria dos casos, no entanto, possuem um forte caráter regional, com a predominância de material obtido em sítios paleontológicos próximos e, ainda assim, limitados aos períodos geológicos das rochas ocorrentes na região.

Ampliar o número de coleções, reunindo fósseis de animais e plantas de diversas regiões do mundo e de todos os períodos geológicos, para fins de pesquisa, ensino, divulgação e entretenimento, deve ser uma das aspirações da paleontologia brasileira. Uma maneira eficiente e barata utilizada nos grandes museus de paleontologia do mundo, que já começa a ser usada no Brasil, é a moldagem e replicação de fósseis.

O objetivo deste capítulo é informar ao leitor sobre técnicas básicas, materiais, e passos para a moldagem e replicação de fósseis.

Réplicas

Réplicas de fósseis são como cópias de livros. São capazes de transmitir os mesmos conceitos contidos no fóssil original, com apenas poucas exceções, estando revestidas da mesma importância e fascinação.

Inúmeras são as justificativas e vantagens da produção de uma réplica:

- a. Ela prolonga a vida do fóssil original que deve ser mantido nas universidades ou museus por ele responsável, mas que é solicitado como empréstimo para ser estudado por especialistas em outras regiões do mundo. Na maioria dos casos as réplicas podem ser enviadas para estudo, poupando o material original dos perigos das longas viagens.
- b. Um grande número de réplicas de um mesmo fóssil pode ser produzido para utilização diversa, inclusive didática, preservando o material original do manuseio excessivo e de acidentes que ocorrem com frequência quando em mãos despreparadas. Além disso, o custo de importação de material fóssil no exterior é alto, dificultando a compra de coleções numerosas e variadas.
- c. Diferentemente de alguns países onde o comércio de fósseis é legalizado, no Brasil, a comercialização de material fóssil é proibida por lei.

d. Réplicas podem ser úteis como material para permuta. Grandes coleções paleontológicas foram construídas com base na troca de réplicas de fósseis.

e. Por questões de segurança, até mesmo os grandes museus, com apenas algumas exceções, expõem réplicas, mesmo que sejam possuidoras dos fósseis originais no seu acervo. Deve-se isso ao fato de que a montagem de fósseis para exposição por meio de estruturas metálicas coloca em risco material raro e delicado, às vezes único. Em caso de incêndio, terremoto e enchente, é preferível que as réplicas sejam queimadas ou destruídas, estando os originais preservados embalados para um fácil resgate.

f. Grandes coleções, onde faltam exemplares importantes, podem ser completadas através da aquisição de réplicas.

g. Estas, podem ser úteis para a montagem de exposições permanentes ou itinerantes nas escolas do ensino fundamental e médio, faculdades e universidades.

Assim, as réplicas podem colaborar em muito na divulgação da paleontologia, preservação de fósseis originais, na economia de recursos e na aquisição de material por meio de permutas.

Produzindo Réplicas

A. A escolha do fóssil a ser replicado

Quando possível, a escolha de material a ser replicado, como no caso da montagem de coleções didáticas, é importante levar em conta alguns requisitos básicos:

- a. A fragilidade do fóssil. O intemperismo e mesmo a natureza da rocha em que o fóssil encontra-se preservado podem tornar a amostra frágil. Nesse caso, o material não resiste ao processo de moldagem, podendo ser facilmente destruído. É recomendável que todo material que apresente algum tipo de porosidade, intemperismo, ou partes morfológicas delicadas, como por exemplo espinhos e outras saliências, tenha a sua estrutura reforçada por uma camada de acrílico solubilizado em acetona.
- b. Relevô. É importante que o material apresente relevô, superfícies irregulares, como os somitos de um trilobita (figura 6.1 A, B). O contraste entre a luz e a sombra nas réplicas destaca a morfologia do fóssil, facilitando a sua visualização e compreensão.

- c. O fóssil deve ser preparado através das técnicas básicas. No caso de fósseis que chamaremos aqui de **bidimensionais**, ou seja, que apresentam um de seus três planos livres de partes morfológicas, é recomendável que uma base constituída de matriz seja preservada (figura 6.1A). No entanto, restos de matriz de rocha, sobre quaisquer partes morfológicas, devem ser cuidadosamente removidos por meio de brocas rotatórias, estiletes ou tratamento químico e, rachaduras ou fraturas devem ser preenchidas por massa de modelar, reconstruindo intuitivamente a área danificada. No caso de fósseis **tridimensionais**, onde todos os planos apresentam estruturas morfológicas que serão moldadas (figura 6.1B), a matriz deverá ser retirada sem que seja necessária a preservação de uma base. Esses fósseis, como veremos adiante, terão uma etapa a mais no processo de moldagem.

B. Moldagem

Para a moldagem, os seguintes materiais serão necessários (figura 6.1C):

- argila;
- silicone e catalisador;
- fita adesiva;
- gesso;
- fita elástica (câmara de pneu cortada);
- desmoldante (vaselina líquida e vaselina sólida);
- placas de madeira ou papelão;
- espátula de madeira.

B.1 Moldagem de fósseis bidimensionais – produzindo moldes de face única

- O fóssil deve ser colocado em superfície estável e espaçosa, em ambiente bem iluminado e ventilado, onde deverá permanecer até o final do processo (figura 6.1 D, E). Todo material deverá estar acessível a fim de evitar contratempos.
- Uma base de argila deve ser esculpida sob a amostra cuidando para que o fóssil, bem como uma boa parte da matriz, permaneça exposto. Pense que toda superfície exposta aparecerá futuramente na réplica (figura 6.1E).
- Delimitar, com madeira ou papelão (figura 6.2 A, B), untados com vaselina, a base contendo o fóssil, produzindo um recipiente para contenção do silicone. A altura do recipiente deverá exceder a altura do fóssil em 5 a 8 centímetros. O fóssil deverá receber igualmente a aplicação de uma leve camada de vaselina líquida (figura 6.2A).
- No caso da contenção por madeira ou papelão, a união das placas poderá ser vedada com vaselina sólida (figura 6.2C). Todas as outras possíveis áreas de escape de silicone deverão ser vedadas com vaselina sólida ou argila. No caso de bases circulares, mais recomendadas devido à aparência final do molde, junto à base de argila, agora encoberta por papelão, a vedação poderá ser feita através de uma cinta elástica ou de argila (figura 6.2A).
- Pense no volume aproximado de silicone que utilizará para preencher o recipiente até 2 ou 3 centímetros acima do fóssil. Um marca dessa medida poderá ser previamente anotada no interior do recipiente. O volume de silicone separado poderá



Figura 6.1 (A) Trilobita Phacopida bidimensional. (B) Trilobita Phacopida enrolado, tridimensional. (C) Material utilizado na confecção de moldes. Fundo: tijolos, placas de madeira, argila. No centro: papelão, colher-de-pau, pincéis, ponteira, vaselina líquida, vaselina sólida, silicone e catalizador. Primeiro plano: gesso. (D) Trilobita tridimensional parcialmente imerso na argila. (E) Trilobita tridimensional apoiado na argila.

ser misturado ao catalisador em recipiente à parte. Caso o volume a ser utilizado seja próximo ao do recipiente original do silicone, execute a mistura ali mesmo. Utilizando uma espátula de madeira misture suavemente o silicone ao catalisador, cuidando para que não ocorra a formação de bolhas.

6. Entorne o silicone lentamente sobre a superfície da argila, nunca diretamente sobre o fóssil, até que a marca desejada seja alcançada (figura 6.2D, E).
7. Aguarde até que o silicone esteja completamente curado. Após a cura o silicone perderá o aspecto gelatinoso sem qualquer aderência à ponta dos dedos.
8. Retire a contenção e a base de argila, e cuidadosamente libere o fóssil do molde (figura 6.3A-C). O molde está pronto para ser utilizado (figura 6.3D).

B.2 Moldagem de fósseis tridimensionais – produzindo moldes de face dupla

O procedimento é basicamente o mesmo da série para produção de moldes de face única.

1. Inicialmente o mesmo procedimento (figura 6.1D, E) da etapa 1 da moldagem bidimensional.
2. A base de argila deverá ser realizada com os mesmos procedimentos, mas deve ser cuidada para que a linha de contato da argila com o fóssil seja perfeitamente delineada, aproveitando irregularidades do fóssil (figura 6.4A). Com o cabo de um pincel ou de um palito de sorvete, cavidades com aproximadamente 0,5 centímetros de profundidade e 0,5 centímetros de diâmetro deverão ser produzidas na argila, 1 centímetro distante do fóssil (figura 6.4A).

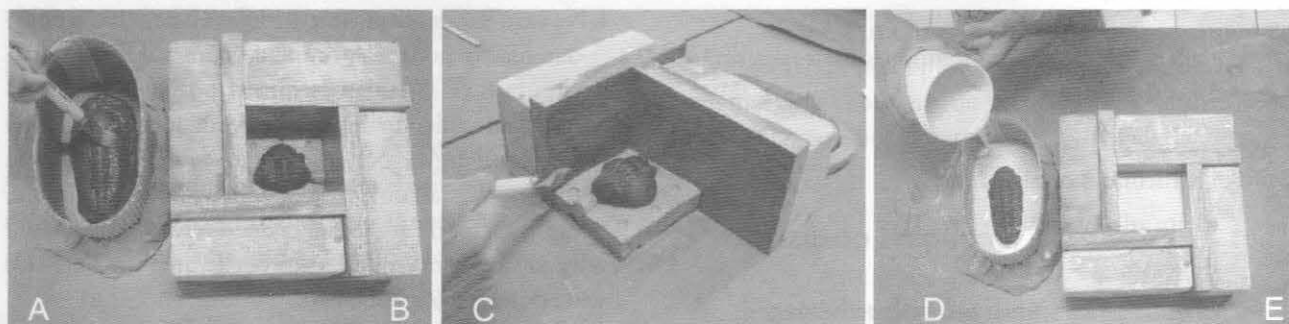


Figura 6.2 (A) Contenção de papelão vedada na sua base por argila; aplicação de vaselina. (B) Contenção de madeira apoiada por tijolos. (C) Aplicação de vaselina para vedação. (D) Preenchimento com silicone. (E) Contenção preenchida por silicone.

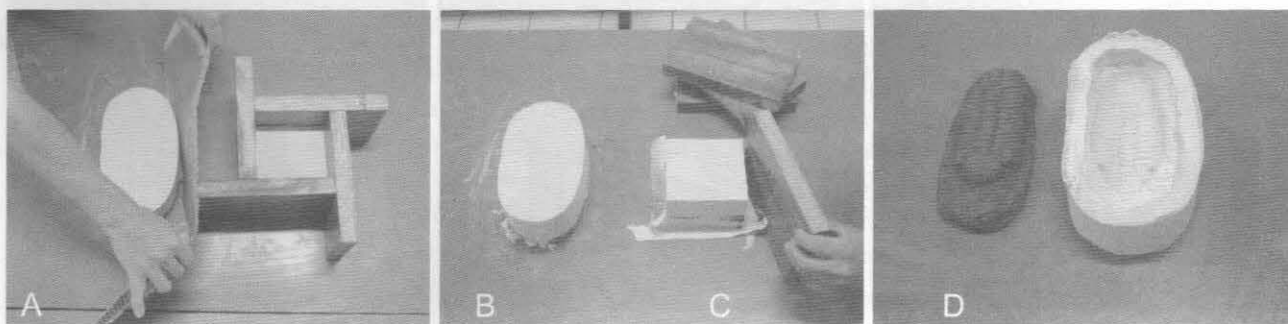


Figura 6.3 (A) Retirada da contenção de papelão. (B) Molde bidimensional com silicone já curado. (C) Retirada da contenção de madeira do molde de duas faces. (D) Fóssil e molde finalizado.

3. Um pequeno rolo de argila com, no máximo, um centímetro de diâmetro, deverá conectar o fóssil à parede de contenção (figura 6.4, indicado pela seta). O espaço resultante no molde será a abertura para o preenchimento com gesso. É importante que uma superfície já deteriorada da amostra (quando ocorrer), ou destituída de estruturas morfológicas, seja aproveitada para o contato com o rolo de argila. A abertura ficará registrada na réplica (figura 6.4B).
4. Mesmo procedimento da etapa 4 da moldagem de fósseis bidimensionais, agora com a contenção de madeira (figura 6.2C, B).
- 5 – 7. Seguem os mesmos procedimentos das etapas 5–7 de moldagem de fósseis bidimensionais.
8. O molde produzido possui características ligeiramente distintas, pois é a primeira face do molde de face dupla em andamento. Ele apresenta o molde das cavidades que serão os encaixes para a

justaposição da face complementar que será produzida (figura 6.4B). Repare que o pequeno rolo de argila deverá permanecer pois apenas uma face do funil de entrada foi produzido (figura 6.4B, seta).

9. Os passos para a produção da face complementar seguem as etapas 3 – 8 preparando a contenção de madeira agora na base de silicone (figura 6.4C), aplicando a camada de vaselina e vedando possíveis áreas de escape como na primeira face moldada (figura 6.3C). É importante que antes do derrame do silicone, toda a base de silicone curado seja revestida por uma camada de uma mistura de vaselina líquida e sólida, para evitar que a segunda face cole na primeira. Prossiga entornando o silicone (figura 6.5A), esperando a cura e procedendo com a remoção das contenções (figura 6.3C). Separe cuidadosamente as duas faces (figura 6.5B). O molde está pronto para ser utilizado (figura 6.5C).

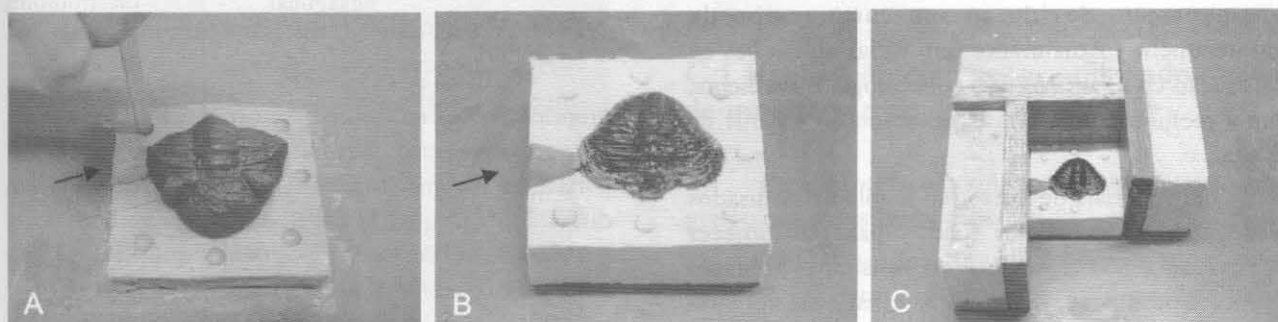


Figura 6.4 (A) Produção das cavidades para moldagem dos encaixes e rolo de argila para abertura para preenchimento de gesso (seta). (B) Primeira face do molde tridimensional já finalizado com rolo de argila para abertura e moldes das cavidades de encaixe. (C) Contenção de madeira para moldagem da segunda face.

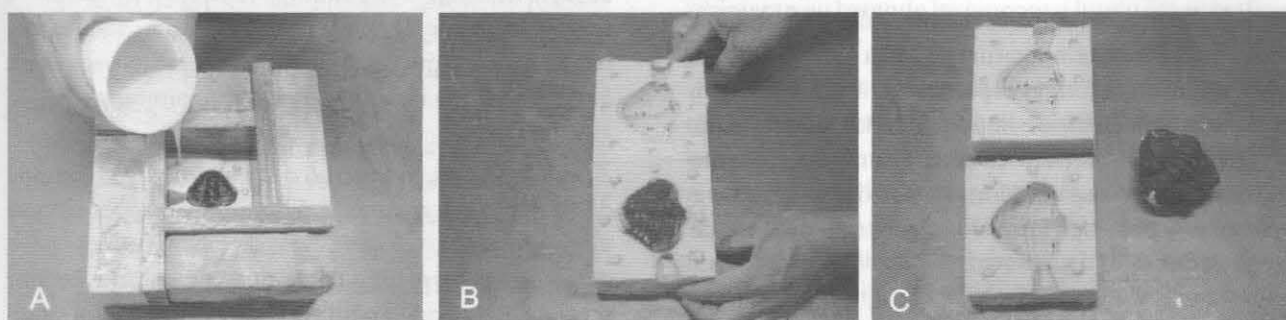


Figura 6.5 (A) Preenchimento com silicone para produção da segunda face. (B) Abertura do molde de duas faces. (C) Molde de duas faces finalizado.

C. Replicação

Para a replicação, os seguintes materiais serão necessários:

- gesso;
- espátula de madeira;
- recipiente plástico graduado para mistura do gesso e água;
- papelão rígido ou placas de madeira para sustentação do molde;
- elásticos;
- avental, luvas e máscara protetora.

GESSO

O mais antigo aglomerante de que se tem notícia, o gesso, teve seus primeiros usos no Antigo Egito, há cerca de 5.000 anos, onde era utilizado em construções, revestimentos, estátuas e outros objetos decorativos. Por muitos séculos teve seu uso limitado à ornamentação, devido ao seu curto tempo de endurecimento. Atualmente tem várias aplicações na construção civil, agricultura, odontologia e medicina, com a melhoria das técnicas de obtenção a partir da gipsita.

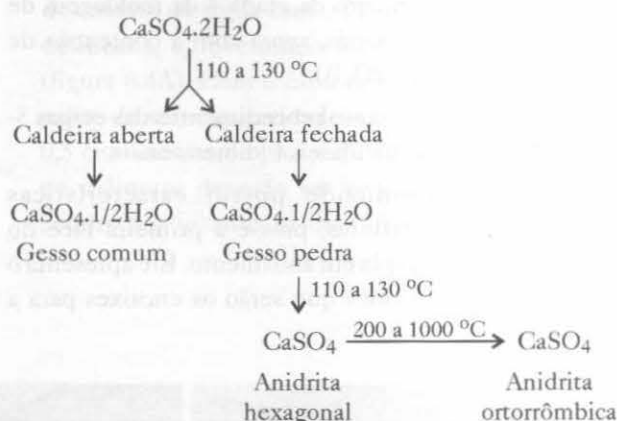
Os materiais de gesso são amplamente usados para confecção de modelos, sendo capazes de fornecer réplicas suficientemente duráveis, resistentes à abrasão e procedimentos de manipulação e estáveis em suas dimensões quando bem proporcionados e manipulados.

Quimicamente, o mineral conhecido como "gipsita" é um sulfato de cálcio diidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), podendo ser obtido como subproduto de alguns processos químicos. O termo "gesso" está mais indicado para o mineral já calcinado.

O gesso comum ou Paris resulta da hemidesidratação da gipsita em uma caldeira, cuba ou a céu aberto, a uma temperatura de 110 a 120 °C, onde os cristais adquirem formas esponjosas e irregulares, com maior área da superfície e imperfeição da grade espacial. Dependendo do modo de calcinação, um outro produto com cristais clivados em forma de bastões ou prismas e mais denso pode ser formado, recebendo o nome de gesso-pedra.

Ao se acrescentar água a estes hemiidratados, revertendo a reação de obtenção dos produtos, materiais com dureza e resistência diferentes irão ser formados, já que o gesso comum ou Paris requer mais água para

molhar as partículas do pó, irregulares e porosas, resultando num gesso com propriedades físicas e mecânicas inferiores ao gesso-pedra. Com a continuidade do processo de calcinação a temperaturas mais elevadas, outros produtos são derivados, com partículas de grade espacial mais cristalina e compacta. São a anidrita hexagonal e a ortorrômbica, processadas a temperaturas de 130 a 200 °C e 200 a 1000 °C, respectivamente.



O sulfato de cálcio semi-hidratado (gesso) tem a propriedade de endurecer quanto misturado com a água, obtendo rigidez e dureza. Apesar do tamanho das partículas e a área total de superfície influenciarem diretamente na quantidade de água que será necessária para a reação do gesso, pequenas quantidades de aditivos são ocasionalmente acrescentados, como por exemplo a goma arábica, que reduz a quantidade de água necessária ao gesso-pedra e o comum. Alguns produtos podem acelerar a velocidade da cura. O cloreto de sódio age como acelerador numa proporção de até 2%. A água obtida da abrasão de um gesso já endurecido é rica em sulfato de cálcio diidratado e, portanto, age como acelerador. Comercialmente os retardadores e aceleradores já vêm incorporados ao produto. A temperaturas de água entre 0 °C e 50 °C acontece a reação de cura, que se retarda a temperaturas acima de 50 °C e se torna inativada para temperaturas acima de 100 °C.

A proporção água/pó deve ser medida e pesada de forma exata, aceitando pequenas variações para as diferentes marcas. As etiquetas de envelopes com peso definidos vêm se popularizando, permitindo maior precisão, reduzindo a perda de material e economizando tempo. O pó deve ser colocado sobre a água e espatulado de 20 a 30 segundos, na manipulação mecânica e de 60 segundos, na manipulação manual, sendo que

movimentos rápidos levam à diminuição do tempo de cura e um aumento no tempo de espatulação diminui a resistência do produto.

Tempo de trabalho e tempo de cura: o primeiro é o tempo disponível para se usar a mistura pronta, com a mesma consistência. Geralmente, o tempo de trabalho adequado é de 3 minutos. O tempo transcorrido entre o início da mistura até que o material endureça é o tempo de cura, que varia de acordo com o tipo de gesso e o fabricante, sendo de 30 minutos para a maioria dos gessos modernos.

A maior resistência está no gesso seco, após 16 horas de manipulado, sendo que entre 8 e 24 horas a resistência já dobra de valor. Quanto maior a relação água/pó, menor a resistência do gesso seco, devido à maior porosidade do material. O tipo de espatulação (manual ou mecânica) parece não interferir na resistência à compressão do gesso seco.

Tipos de gesso

Gesso comum ou gesso Paris: é o produto da calcinação da gipsita, de menor resistência, cura rápida e grande expansão durante a cura, já que utiliza grande proporção água/pó.

Gesso Tipo I: é o gesso Paris acrescido de modificadores que regulam o tempo de cura e expansão. Apresenta resistência à compressão da ordem de 40 + ou - 20 kg/cm², para uma relação água/pó de 0,50-0,75 e tempo de cura de 4+ ou -1 minuto.

Gesso Tipo II: de cor branca, tem menor expansão de presa que o tipo I (0,3%) e maior resistência à compressão (90 Kg/cm²). Apresenta tempo de cura de 2 + ou - 4 minutos, utilizando relação água/pó de 0,45 a 0,50.

Gesso-Pedra (tipo III): obtido a partir da calcinação da gipsita sob pressão, apresenta resistência à compressão entre 3.000 psi e 5000 psi (210 kg/cm²). Apresenta tempo de cura final entre 30 e 60 minutos, utilizando relação água/pó 0,28 a 0,30.

Gesso-Pedra de alta resistência (tipo IV): partículas do tipo cubóide e reduzida área de superfície conferem uma superfície mais resistente à abrasão e compressão (350 kg/cm²), com dureza de superfície maior que o gesso tipo III. Utiliza proporção água/pó 0,22 a 0,24 e tempo de cura de 12 + ou - 4 minutos, com uma expansão de presa máxima de 0,10%.

Gesso-Pedra, alta resistência, alta expansão (tipo V): O gesso tipo V é indicado quando se requer gesso de altíssima dureza, resistência (490 kg/cm²) e alta expansão (0,30%), sendo produzido por processo de autoclave úmido, resultando em uma mistura muito fluida com menor quantidade de água: gessos tipo V podem ser dosados com 18 a 23 ml de água para cada 100 g de pó, com tempo de cura de 12 + ou - 4 minutos.

Gesso sintético: obtido a partir de subprodutos perdidos durante a fabricação do ácido fosfórico, são mais caros que os que são feitos a partir da gipsita, apresentando propriedades semelhantes. Seu processamento é segredo industrial.

Considerações com os produtos de gesso: Sensíveis às alterações devido à umidade relativa do ar, as réplicas de gesso devem ser guardados em caixas metálicas, livres de umidade, que predispõe à colonização por fungos.

C.1 Replicação com gesso utilizando molde de uma face e de duas faces

Para informações sobre o tipo de gesso, dosagens e características, veja o quadro anterior

1. Os moldes devem ser colocados sobre superfície estável onde permanecerão até o endurecimento completo do gesso (figura 6.6A, B). As duas faces do molde duplo devem ser unidas e estruturadas com placas de madeira ou papelão, presas por elásticos para evitar deformação (figura 6.6A);

2. O gesso deverá ser colocado vagarosamente em recipiente contendo água. Bolhas formadas deverão ser retiradas através de leves batidas na lateral do recipiente ou batendo levemente o fundo em superfície rígida;

3. Entornar cuidadosamente uma pequena quantidade da mistura dentro do molde de face única, que deverá ser pincelada sobre todas as partes morfológicas evidentes, principalmente aquelas com relevo mais acentuado. Esse procedimento evitará a formação de bolhas. A formação de bolhas é evitada no molde de duas faces através do seu preenchimento e imediato esvaziamento;

4. Entornar o restante da mistura até completar os moldes (figura 6.6C, D). Leves batidas nas laterais e

com o fundo do molde sobre a superfície de apoio, facilitarão a subida das bolhas para a superfície. Pouco antes da cura final do gesso o fundo do molde deverá ser pincelado para adquirir melhor aparência pela remoção de bolhas (figura 6.6E);

5. A desmoldagem é feita primeiramente em toda a lateral do molde. A desmoldagem final deverá ser feita com o molde de cabeça para baixo no caso daquele de face única (figura 6.7A) e cuidadosamente separando as faces do molde de duas partes (figura 6.7B).

O acabamento das réplicas (figura 6.7C) poderá ser feito com tinta guache, acrílica, esmalte, procurando um efeito mais próximo da matriz original.

As técnicas acima descritas têm sido empregadas com sucesso na Oficina de Réplicas do Museu de Geociências do Instituto de Geociências da Universidade de São Paulo (www.igc.usp.br/replicas).

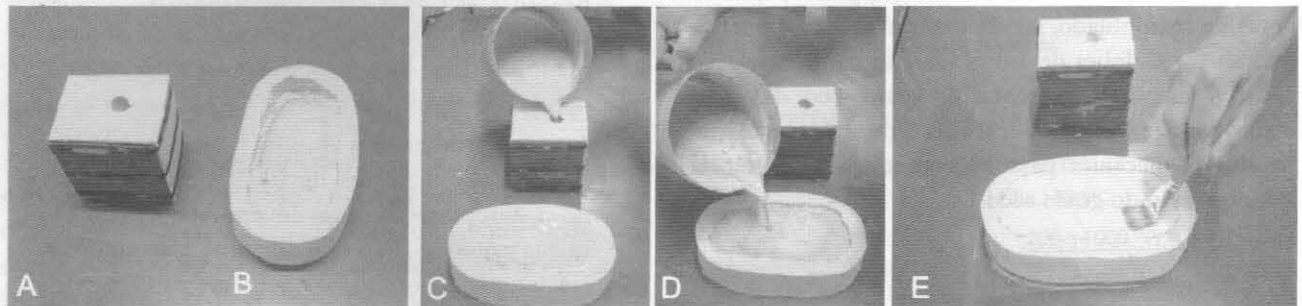


Figura 6.6 (A) Molde tridimensional estruturado com placas de madeira e elásticos pronto para recebimento do gesso. (B) Molde bidimensional preparado para recebimento do gesso. (C), (D) Preenchimento dos moldes. (E) Remoção das bolhas minutos antes do endurecimento.



Figura 6.7 (A) Desmoldagem da réplica bidimensional. (B) Desmoldagem da réplica tridimensional. (C) Originais e réplicas em gesso finalizadas.

JAZIGOS FOSSILÍFEROS DO BRASIL

Dermeval Aparecido do Carmo
Ismar de Souza Carvalho



Os fósseis, desde a Idade Antiga, têm servido para instigar o pensamento científico acerca da compreensão da natureza. Geralmente, atribuíam-se aos fósseis uma origem sobrenatural, porém alguns gregos já lhes interpretavam como sendo relacionados a restos de organismos. Modernamente, o termo “fóssil” abrange todos restos e vestígios de organismos preservados nos sistemas naturais como rochas, sedimentos, gelo e âmbar.

Sobre este tema que é objeto de estudo da paleontologia e que compõe os jazigos fossilíferos, objetiva-se apresentar um histórico a respeito do tratamento jurídico visando sua preservação, discutir sua importância científica, cultural, econômica, bem como uma caracterização sintética dos principais jazigos fossilíferos do Brasil. Esta abordagem do presente texto visa esclarecer os leitores a respeito da ilegalidade da coleta, armazenamento e comércio de exemplares fósseis, bem como alertar para a perda da memória cultural e de importantes dados científicos que serão destruídos, caso as autoridades competentes não atuem de maneira enérgica no cumprimento das leis que tratam da proteção ao patrimônio fossilífero.

Vale salientar que a arqueologia distingue-se da paleontologia, uma vez que aquela refere-se ao estudo de objetos antigos produzidos pelo homem, especial-

mente monumentos, artes e artefatos preservados nos solos, sedimentos, rochas, gelo, enquanto a paleontologia se interessa pelos restos de organismos e/ou vestígios de suas atividades biológicas preservados nos sistemas naturais.

Legislação Brasileira sobre Patrimônio Fossilífero

As constituições brasileiras de 1946 (artigo 174), de 1967 (artigo 172) e de 1969 (artigo 180) revelavam preocupações genéricas visando a proteção do patrimônio fossilífero, colocando sob “a proteção do poder público” obras, monumentos, documentos e locais de valor histórico e artístico e paisagens naturais. Em 1967 e 1969 acrescentavam-se ao conjunto das jazidas arqueológicas. A Constituição de 1988 inova e moderniza a concepção de proteção desses bens – “de natureza material e imaterial” – classificando-os, no seu conjunto, como “patrimônio cultural brasileiro” e agrupando-os nas suas especificidades:

Artigo 216 - Constituem patrimônio cultural brasileiro os bens de natureza material e imaterial, tomados individualmente ou em conjunto, portadores de referência a identidade, à ação, à memória dos diferentes grupos

formadores da sociedade brasileira nos quais se incluem:

Parágrafo V - os conjuntos urbanos e sítios de valor histórico, paisagístico, artístico, arqueológico, paleontológico, ecológico e científico.

Na verdade, desde 1942 a preservação dos jazigos fossilíferos é visada em leis. Por sugestão do paleontólogo Lewellyn Ivor Price, então funcionário do Departamento Nacional da Produção Mineral, o presidente Getúlio Vargas sensibilizado com a questão da preservação dos fósseis, assinou o Decreto-Lei 4.146, que dispõe sobre a proteção dos depósitos fossilíferos:

Artigo 1º - "Os depósitos fossilíferos são propriedade da nação, e, como tais, a extração de espécimes fósseis depende de autorização prévia e fiscalização do Departamento Nacional de Produção Mineral, Ministério da Agricultura¹".

Parágrafo único - Independem dessa autorização e fiscalização as explorações de depósitos fossilíferos feitas por museus nacionais e estaduais, e estabelecimentos oficiais congêneres, devendo, nesse caso, haver prévia comunicação ao Departamento Nacional da Produção Mineral.

Em 1967, o Decreto-Lei nº 227 que consta do Código Brasileiro de Mineração em vigor, dispõe sobre fósseis:

Artigo 3º (Este código regula)

Parágrafo I - "Os direitos sobre as massas individualizadas de substâncias minerais ou fósseis, encontradas na superfície ou no interior da terra, formando os recursos minerais do País".

Artigo 4º - "Considera-se jazida toda massa individualizada de substância mineral ou fóssil, aflorando à superfície ou existente no interior da Terra e, que tenha valor econômico; mina, a jazida em lavra, ainda que suspensa".

No **Artigo 10º** - deste mesmo Decreto-Lei, rege-se a lei por leis especiais:

Parágrafo II - "As substâncias minerais ou fósseis de interesse arqueológico"

Parágrafo III - "Os espécimes minerais ou fósseis destinados a museus, estabelecimentos de ensino e outros fins científicos".

O **Decreto-Lei nº 72.312** de 31 de maio de 1973, promulga a Convenção sobre as Medidas a serem adotadas para Proibir e Impedir a Importação, Exportação e Transferência de Propriedades Ilícitas dos Bens Culturais estabelecidas pela Conferência Geral da Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura (UNESCO), reunida em Paris de 12 de outubro a 14 de novembro de 1970:

Artigo 1º - "Para os fins da presente Convenção, a expressão bens culturais significa quaisquer bens que, por motivos religiosos ou profanos, tenham sido expressamente designados por cada Estado como de importância para a arqueologia, a história, a literatura, a arte ou a ciência, e que pertençam às seguintes categorias:

a) as coleções e exemplares raros de zoologia, botânica, mineralogia e anatomia, e objetos de interesse paleontológico".

A Portaria 042 do MME de 22 de fevereiro de 1995, publicada no Diário Oficial da União nº 41 de 1 de março de 1995, destaca que,

Ao Serviço de Patrimônio Mineral compete:

V - preservar, proteger, pesquisar e difundir o acervo técnico-científico que constitui a memória geológica do País, em especial os monumentos, os sítios geológicos, os **depósitos fossilíferos**, os museus de minerais, rochas, fósseis e materiais relacionados;

VI - exercer o controle e a fiscalização dos depósitos fossilíferos bem como da exportação de materiais geológicos, mineralógicos e **paleontológicos** conforme dispõe a legislação pertinente;

VII - apoiar a realização de estudos específicos objetivando a **proteção e preservação dos jazimentos fossilíferos** e de outros monumentos geológicos, bem como criar meios e condições de organização e conservação do acervo das litotecas da Autarquia.

Como pode-se constatar, o patrimônio fossilífero é reconhecido como parte integrante do patrimônio cultural do País e há uma legislação que visa sua preservação. Apesar disso, a proteção do patrimônio fossilífero carece de leis complementares que disciplinem os crimes que são cometidos contra este patrimônio e nesse sentido tramita no Congresso Nacional desde 1996 um projeto com esta finalidade, ou seja o projeto 245.

¹ Vale salientar que, atualmente, o DNPM está ligado ao Ministério das Minas e Energia.

O Projeto de Lei nº 245 dispõe sobre a proteção ao patrimônio fossilífero, em conformidade com o Artigo 216, Inciso V, da Constituição Brasileira. Este artigo especifica como patrimônio cultural “**Os conjuntos urbanos e sítios de valor-histórico, paisagístico, artístico, arqueológico, paleontológico, ecológico e científico**”. O Projeto de Lei mencionado anteriormente, o qual pode ser acessado na página eletrônica <http://www.dnpm.gov.br/cnall.html>, declara que constitui crime comercializar fósseis e prevê sanções penais e administrativas para os infratores. Em resumo pode-se concluir com base no exposto acima que é ilegal a coleta, armazenamento e venda de espécimes fósseis no território brasileiro.

O aspecto puramente legal apresentado anteriormente, reveste o interesse em preservar o patrimônio fossilífero brasileiro. Esta preservação é importante sob vários enfoques seja ele científico, cultural ou econômico. Em termos científicos, a preservação do patrimônio fossilífero, o qual tem sido denominado em projeto da UNESCO de Patrimônio Paleobiológico, é fundamental para um apropriada abordagem da evolução biológica, da história ecológica da Terra, as transformações ambientais que nosso planeta sofreu no passado, bem como aquelas que estão em curso. Em termos jurídicos, a preservação do patrimônio se justifica de acordo com Wild (1988), pois os fósseis são “monumentos culturais” de importância científica e interesse para a sociedade.

Em 2001, os debates relativos a reestruturação do setor mineral foi ampliada com a elaboração de um anteprojeto intitulado “Reestruturação do Setor Mineral Brasileiro - PRISMA”. Com intuito de apreciar as posições da sociedade brasileira, a Sociedade Brasileira de Geologia, através do Núcleo de Brasília, juntamente com o Instituto de Geociências da Universidade de Brasília organizaram o I Seminário em “Legislação Brasileira sobre Patrimônio Fossilífero”. Este seminário reuniu o presidente da SBG – sede, o presidente da Sociedade Brasileira de Paleontologia, Secretário de Minas e Energia, representantes do Congresso Nacional, senador e deputado, todos com intuito de discutir e apresentar propostas visando alteração de artigos do anteprojeto PRISMA.

Como resultado chegou-se ao consenso sobre a necessidade de mudanças em quatro artigos do anteprojeto de Reestruturação do Setor Mineral. As modificações sugeridas são apresentadas a seguir, onde as palavras em **negrito** indicam as alterações. São elas:

A) Artigo 2º - As jazidas, em lavra ou não, e demais recursos minerais constituem propriedade distinta da do solo, para efeito de pesquisa ou lavra, e pertencem à União, garantida ao titular dos respectivos direitos minerários a propriedade do produto da lavra.

§ 1º - Considera-se:

I - jazida: toda massa individualizada de substância mineral ou **combustível fóssil**, existente em depósito natural e que tenha valor econômico; e

B) Artigo 5º - Este Estatuto regula:

I - os direitos e as obrigações relativos à pesquisa e à lavra de recursos minerais ou **substâncias combustíveis fósseis**;

II - os sistemas de acesso à titulação dos direitos relativos à pesquisa e à lavra dos recursos minerais ou **substâncias combustíveis fósseis**;

III - a administração dos recursos minerais e **substâncias combustíveis fósseis**; e

C) Artigo 6º - Reger-se-ão por leis próprias:

I - as jazidas de substâncias minerais que constituem monopólio estatal;

II - os fósseis e os materiais de interesse arqueológico;

D) Artigo 7º - A coleta de espécimes fósseis depende de autorização prévia da ANM, ficando sujeita à fiscalização da Agência, de acordo com legislação específica.

§ 1º - A coleta de espécimes fósseis, realizada por museus e **universidades federais, estaduais e municipais e outras instituições de ensino e pesquisa credenciadas**, destinada à pesquisa científica, uso na prospecção de minerais combustíveis ou não, e ao ensino, independe da autorização exigida no *caput* deste artigo, devendo apenas ser comunicada previamente à ANM.

§ 2º - (Deve ser eliminado).

Outros dois pontos foram considerados pertinentes, mas não foram colocados no referido anteprojeto pelo fato de poderem ser incorporados na legislação específica. São eles:

1) Deve ser prevista em lei uma harmonização entre a atividade mineira e a coleta e preservação de fósseis, quando estes últimos ocorrerem em áreas de lavra.

2) Deve ser analisada a possibilidade de existir alguma forma de benefício fiscal para a empresa que viabilize a coleta e preservação de fósseis em sua área de lavra.

Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos

O SIGEP, ou seja "Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos", é composta por geólogos e paleontólogos trabalhando no sentido de selecionar e organizar localidades ou áreas do Brasil onde seções geológicas e afloramentos fossilíferos representem importante feição natural. Este trabalho visa o tombamento e proteção do patrimônio geológico e paleontológico do Brasil para gerações futuras.

O Brasil é signatário do PATRIMÔNIO MUNDIAL DA UNESCO - WORLD HERITAGE -, que refere-se à Convenção Internacional para a proteção de sítios culturais e naturais. Nesta convenção, as nações participantes reconhecem que mantém sob sua responsabilidade de conservação, para o resto da Humanidade e para as gerações futuras, bens de valor universal excepcional localizados dentro de seus territórios (para maiores informações consulte <http://www.unb.br/ig/sigep/>).

A Comissão Brasileira de Sítios Geológicos e Paleobiológicos está encarregada de preparar uma base de dados dos sítios brasileiros dessa natureza que mereçam receber proteção especial, destacando-se como principais multifinalidades destes sítios, entre outras, o uso para:

- a) pesquisa científica básica e aplicada;
- b) difusão do conhecimento científico na área das Ciências da Terra;
- c) atividades educacionais e recreativas;
- d) criação e fortalecimento de uma consciência conservacionista;
- e) referenciais em guias turísticos, estimulando, através do ecoturismo, a participação e desenvolvimento sócio-econômico das comunidades locais.

A partir dos sítios cadastrados na base de dados, será feita seleção dos mais importantes para constituir a Lista Indicativa Global de Sítios Geológicos - *Global Indicative List of Geological Sites* (GILGES) - que, por sua vez, poderá indicar ao Comitê do Patrimônio Mundial - *World Heritage Commission* (WHL) - alguns destes como Patrimônio da Humanidade. A GILGES, ou seja a "Lis-

ta Indicativa Global de Sítios Geológicos", não é definitiva e deverá ter atualizações periódicas. Atualmente, esta lista conta com centenas de sítios a nível mundial, dos quais 100 são localizados no Brasil (tabela 7.1).

Principais Jazigos Fossilíferos do Brasil

Quando a Paleontologia surgiu, ela foi considerada como uma ciência que teria um rápido fim, pois bastaria a organização, descrição e classificação da biota encontrada fossilizada, e como ciência seu destino seria o mesmo de muitos grupos de organismos que habitaram a Terra - a extinção. Uma ciência em pleno processo de morte, cujas indagações estariam restritas à sistematização da vida e de suas transformações no decorrer do tempo geológico.

Contudo, após dois séculos, a crônica de uma morte anunciada não ocorreu. Pelo contrário, o que se observa é um crescente interesse pelas questões abordadas pela paleontologia, e que transcendem em muito a simples organização do universo fóssil. Incontáveis publicações nacionais e internacionais atestam esse rejuvenescimento da paleontologia. A interdisciplinaridade com a biologia, física, genética, geologia, matemática e química, entre outras, possibilitou uma nova visão de sua importância. A aplicação das informações advindas dos fósseis nas empresas de pesquisa e exploração petrolífera; na paleontologia clássica e molecular, desvendando os mistérios das relações de parentesco entre espécies extintas e formas viventes, e a reconstituição de espécies, que há muito desapareceram transformaram-na numa ciência extremamente viva, dinâmica e com enormes interesses para o conhecimento teórico e para a economia, além do caráter singularmente lúdico sobre qualquer informação ou notícia que envolva os fósseis.

No Brasil, a ciência paleontológica tem uma longa história, a qual remonta a quase duzentos anos. Uma história marcada por várias descobertas científicas relevantes no cenário internacional, e cujo resultado é um importante acervo depositado em museus, institutos de ensino e pesquisa. O sentido que sempre norteou a paleontologia brasileira foi o da inovação, busca por novos caminhos e atuação na preservação de nosso patrimônio científico e cultural. Patrimônio esse sempre ameaçado pela ação preda-

Tabela 7.1 Sítios paleontológicos tombados e publicados pelo SIGEP até 2002 (www.unb.br/ig/sigep/sitios.htm e Schobbenhaus *et alii*, no prelo).

1. O Membro Crato da Formação Santana, Chapada do Araripe, CE - M.S. Sales Viana & V. H. L. Neumann	Membro Crato da Formação Santana, rico em fósseis animais e vegetais - Paleontológico
2. Sítios Paleobotânicos do Arenito Mata, Municípios de Mata e São Pedro do Sul, RS - M. Guerra-Sommer & C.M. S. Scherer	Floresta petrificada do Triássico - Paleontológico
3. <i>Mesosaurus</i> da Serra do Caiapó-Montividiu, GO, e Passo de São Borja, RS - D. Araújo-Barberena; J. V. de Lacerda Filho & L. de L. Timm	<i>Mesosaurus</i> do Permiano - Paleontológico
4. Pegadas de dinossauros das bacias Rio do Peixe, PB - G. Leonardi & I. de S. Carvalho	Pegadas de dinossauros do Eocretáceo, com uma trilha com mais de 20 m (terceira mais longa do mundo) - Paleontológico
5. Gaverna Aroe Jari ou das Almas, Chapada dos Guimarães, MT - L. B. de Almeida & M. L. C. Moreira	Presença de <i>Arthropycus</i> . - Paleontológico
6. O Sítio Fossilífero de Pirapozinho, Ramal dos Dourados, Pirapozinho, SP - J. M. Suarez	Camadas com um grande acúmulo de tartarugas - Paleontológico
7. Tufas Calcárias da Serra da Bodoquena - P.C. Boggiani; A.M. Coimbra; A.L. D. Gesicki; A.N. Sial; V.P. Ferreira; F.B. Ribeiro & J.-M. Flexor	Depósitos carbonáticos com impressões foliares e mamíferos pleistocênicos - Espeleológico e Paleobiológico
8. Ilha de Fortaleza, PA - V. de A. Távora; A.C.S. Fernandes & C.S. Ferreira	Calcário fossilífero da Formação Pirabas do Mioceno inferior - Paleontológico
9. Fazenda Arrecife, Chapada Diamantina, Morro do Chapéu, BA - N. K. Srivastava & A. J. D. Rocha	Belíssimas exposições de estromatólitos do Neoproterozóico - Paleontológico e Estratigráfico
10. Sítio Jaguariáiva, PR - R. T. Bolzon; I. Azevedo & M. L. Assine	Área do Devoniano ricamente fossilífera - Paleontológico
11. Toca da Janela da Barra do Antonião, São Raimundo Nonato, PI - C. Guérin; M. Faure; P. R. Simões; M. Hugueney & C. Mourer-Chauvire	Parque Nacional da Serra da Capivara: megafauna do Pleistoceno - Paleontológico e Espeleológico
12. Jazigo icnofossilífero do Ouro, Araraquara, SP - G. Leonardi & I.S. Carvalho	Arenitos com diversas pistas (icnofósseis) de pegadas de vertebrados (mamíferos e dinossauros) - Paleontológico
13. Afloramento Bainha, Criciúma, SC - R. Iannuzzi	Flora <i>Glossopteris</i> - <i>Gangamopteris</i> do Permiano - Paleontológico
14. Fazenda Cristal, Morro do Chapéu, BA - N. K. Srivastava & A.J.D. Rocha	Mesoproterozóico com bioermas estromatólitos bem preservadas - Paleoambiental, Estratigráfico e Paleontológico
15. Fonseca, MG - C.L. Mello; L. G. Sant'Anna & L. Paglarelli Bergqvist	Vegetais fósseis do Terciário do Brasil, em excelente conservação - Paleontológico
16. Tetrápodes triássicos, RS - M. C. Barberena; C. L. Schultz; C.M.S. Scherer & M. Holz	Vertebrados de fama mundial - Paleontológico
17. Jazigo rodovia Quirinim-Campos do Jordão, km 11 (Tremembé), SP - M.E.C. Bernardes-de-Oliveira; A.F. M. de Lacerda; M.J. Garcia & C.C. Campos	Macrofósseis vegetais do Terciário - Paleontológico
18. Fazenda Santa Fé (Tremembé), SP - M.E.C. Bernardes-de-Oliveira; A.F. M. de Lacerda; M.J. Garcia & C.C. Campos	A maior associação de fósseis do Terciário do Brasil - Paleontológico
19. Membro Romualdo da Formação Santana, Chapada do Araripe, CE - A.W. Kellner	Um dos mais importantes depósitos fossilíferos do Cretáceo do Brasil - Paleontológico

tória e organizada de grandes museus internacionais, ou colecionadores diversos, que a despeito da existência de legislação específica de preservação dos fósseis, realizam uma ação institucionalizada de contrabando internacional de material científico. Certamente este será o grande desafio futuro da paleontologia brasileira: a preservação deste legado cultural da nação brasileira e da humanidade.

E por que preservar? Os jazigos fossilíferos devem ser entendidos como “monumentos culturais naturais” face a sua importância científica e interesse para o público. Representam momentos únicos da história geológica da vida na Terra possibilitando a compreensão de catástrofes ecológicas, transformações ambientais, evolução dos seres vivos e do próprio significado da vida em nosso planeta. É daí que advém o grande fascí-

nio exercido pela Paleontologia. O interesse crescente sobre a ciência da vida extinta origina-se dessa percepção, mesmo que inconsciente, do sentido extemporâneo de nossa existência. A percepção do quanto somos efêmeros, de uma certa perplexidade ao se conscientizar que muito já existiu antes de nós, ao longo de uma gigantesca magnitude do tempo passado quando comparado com o tempo presente. Trata-se da descoberta de nossa insignificância, materializada pela existência dos fósseis – algumas vezes microscópicos, tais como os protistas, outras gigantescos como os dinossauros.

Além da aplicação da paleontologia em seus domínios científicos clássicos, como a exploração de carvão, óleo e gás, temos uma ciência de grande apelo, com um público ávido por informações sobre onde, quando e por que a vida teve sua origem, evolução e fim.

Apesar dos poucos recursos disponíveis para o financiamento da pesquisa científica no Brasil, os geocientistas que trabalham em paleontologia têm demonstrado enorme determinação na descoberta de novos jazimentos fossilíferos, atuação em diferentes áreas da educação e ações voltadas para a preservação de nosso patrimônio cultural. Tarefas árduas, mas cujo esforço

certamente se refletirão em benefícios para toda a sociedade.

A seguir são apresentadas algumas das principais localidades fossilíferas de nosso país, nas quais os fósseis são abundantes e ou apresentam excepcional estado de preservação. São também indicados os museus regionais, nos quais podem ser apreciadas exposições que abordem os aspectos relativos à paleofauna e paleoflora locais.

A. Grande floresta petrificada permiana do Brasil Central

Localizada entre os estados de Tocantins, Maranhão e Piauí, a grande floresta petrificada do Brasil Central inclui espécimens únicos no mundo, muitos ainda não descritos formalmente, de caules e folhagens de pteridófitas preservados por silicificação e como impressões. Trata-se de uma das maiores áreas da América do Sul, na qual estão registradas a fauna e flora do Permiano (Bacia do Parnaíba, Formação Pedra de Fogo). Os espécimens vegetais denotam geralmente uma preservação por histometabase, havendo assim detalhes anatômicos nítidos e singulares (figura 7.1).

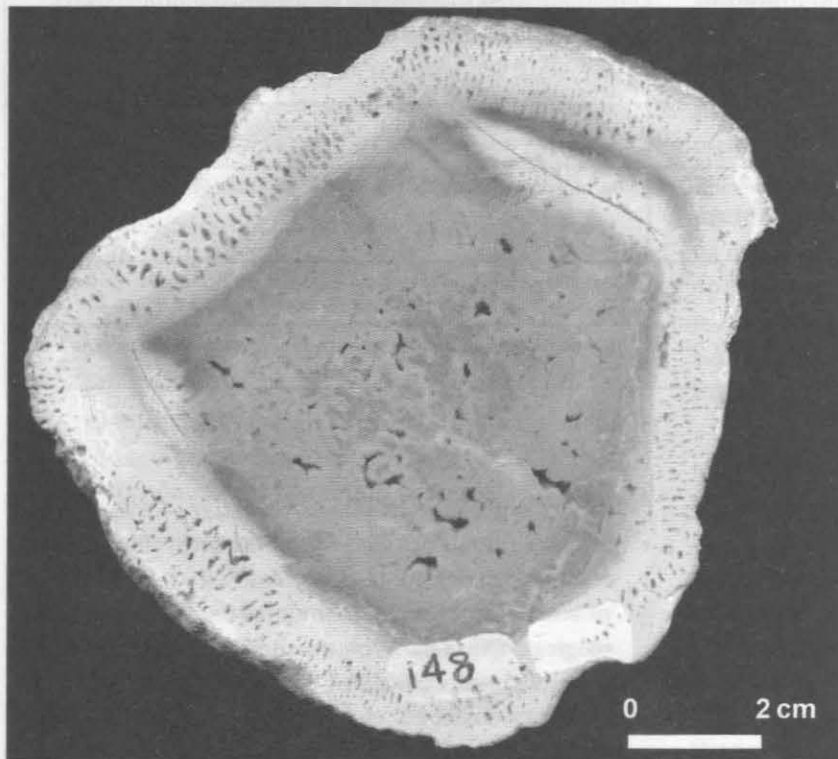


Figura 7.1 Tronco permineralizado (*Psaronius* sp.) por histometabase oriundo da Grande Floresta Petrificada do Brasil Central (Bacia do Parnaíba, Formação Pedra de Fogo). Coleção Ignácio Brito – UFRJ 148.

B. Floresta petrificada de Mata

A floresta petrificada de Mata, localizada no Estado do Rio Grande do Sul (Bacia do Paraná, formações Santa Maria e Caturrita e Arenito Mata), compõe segundo Sommer & Scherer (2000) um dos mais importantes sítios paleobotânicos da América do Sul. Os lenhos fósseis aí encontrados são de gimnospermas relacionadas às coníferas, estando inseridos no contexto das mudanças climáticas iniciadas na passagem meso-neotriássica.

Apesar de outras áreas de ocorrência desta floresta petrificada, como no Município de São Pedro do Sul, é em Mata, onde têm sido realizados os maiores esforços visando sua preservação e utilização no setor do turismo. A partir do trabalho de conscientização desenvolvido na comunidade pelo padre Daniel Cargnin foi possível evitar a contínua depredação dos jazimentos fossilíferos da região. Seu trabalho de conscientização envolveu a exposição pública em praças e jardins da sede municipal de troncos permineralizados. A praça Santo Brugalli é um bom exemplo. Nela estão expostos troncos e raízes nos mais variados formatos e dimensões. Utilizando elementos de impacto visual, como o grande tronco de gimnosperma de 11 metros de comprimento, com cerca de 15 toneladas (exposto na praça Martimiano Eggres da Costa) ou as calçadas da praça Matriz pavimentadas com troncos, os fósseis espalhados por toda a cidade têm importante função educativa e de resgate da identidade local (figura 7.2). A cidade de Mata também é a única do país a dispor de um "Jardim Paleobotânico". Resultante de um convênio entre a Prefeitura Municipal da cidade e a Universidade Federal

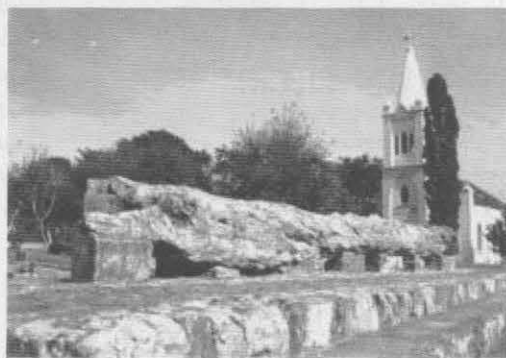


Figura 7.2 Praça Martimiano Eggres da Costa, Mata, Estado do Rio Grande do Sul. Os troncos do Triássico compõem elementos cênicos nas praças e ruas da cidade, atraindo visitantes de todo o Brasil (fotografia de <http://www.dondivou.com.br/mata>).

de Santa Maria, espalha-se por uma área de 36 mil metros quadrados, estando nele preservados inúmeros fósseis de vegetais para as futuras gerações (Família Cristã, 1990).

Também em São Pedro do Sul, através da ação de Walter Ilha, foi desenvolvida um ação de preservação que postulava uma conscientização da população, através dos meios de comunicação locais e estaduais e ações judiciais contra depredadores, até o ano de seu falecimento em 1987 (Minello, 1995).

Em ambos os municípios, de acordo com a análise apresentada por Minello (1995), "as coletividades de São Pedro do Sul e Mata criaram, através das Leis Orgânicas Municipais e Legislações Complementares, instrumentos jurídicos de preservação e proteção aos fósseis, instituindo a obrigatoriedade do ensino da matéria em seus bancos escolares".

C. Dinossauros de Uberaba

Um bom exemplo da importância do patrimônio fossilífero na modificação da realidade econômica é o de Peirópolis, Município de Uberaba, MG, onde também existe importante jazida fossilífera. A ação da Prefeitura Municipal de Uberaba, ao criar o Centro de Pesquisas Paleontológicas L.I. Price no bairro de Peirópolis, é de caráter extremamente inovador e de antevisão do futuro. Nos anos da década de 1980, Peirópolis era um local em franca decadência econômica, apesar da existência de uma promissora atividade de exploração mineral. Como muitas das atividades industriais de nosso País, a mineração que se processava na região pouco revertia em benefícios econômicos e sociais. A desativação da pedreira localizada mais próxima à sede do povoado, associada à criação do Centro de Pesquisas, conduziu à revitalização econômica, gerando numerosos novos empregos no setor terciário, valorizando as propriedades e melhorando a distribuição de renda. Uma verdadeira descoberta paleontológica: nossa herança cultural como mecanismo de transformação econômica e de melhoria das condições sociais. A importância dos trabalhos desenvolvidos em Peirópolis situam-se exatamente neste plano – o econômico. Trata-se de um dos mais importantes empreendimentos já realizados no país, e que merece especial atenção. Mais importante que as próprias descobertas científicas, é a interação da ciência com a comunidade, revolucionando a realidade local (figura 7.3).

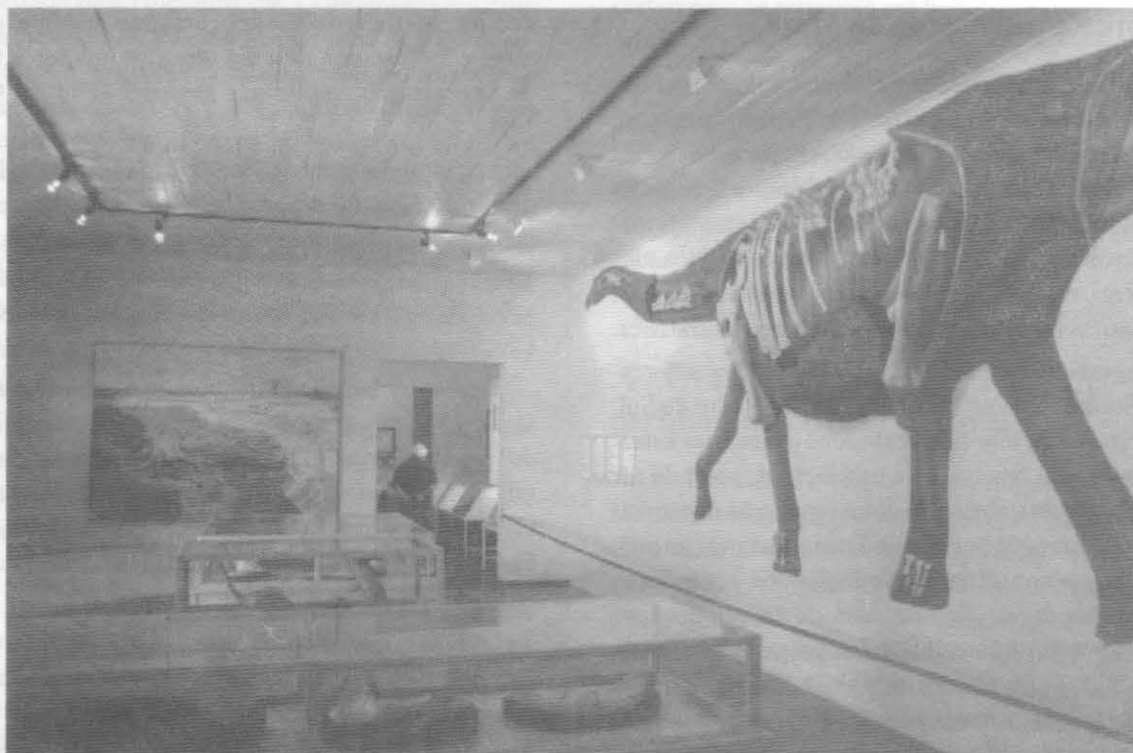


Figura 7.3 Exposição do Centro de Pesquisas Paleontológicas L.I.Price. Após sua criação houve a alteração da economia local, através do aumento do fluxo turístico.

D. Chapada do Araripe

A Chapada do Araripe está inserida no contexto geológico da Bacia do Araripe, a maior área de exposição de rochas cretáceas (12.200 km²) dentre as bacias intracratônicas do Nordeste. Localiza-se nas regiões sul do Estado do Ceará e oeste do Estado de Pernambuco. São inúmeras as localidades fossilíferas nesta bacia (figura 7.4), em que microfósseis, icnofósseis, vegetais, invertebrados e vertebrados cretáceos são abundantes (Carvalho, 2001). Uma visão ampla de toda esta paleofauna e paleoflora pode ser encontrada em Lima (1978), Nuvens (1994) e Maisey (1991).

D.1. Museu de Paleontologia da Universidade Regional do Cariri

Em contraposição às ações de depredação e atividade de comércio ilícitas com os fósseis oriundos da Bacia do Araripe (Fernandes & Carvalho, 2000), foi fundado em 18 de abril de 1985, pelo prof. Plácido Cidade Nuvens, o Museu de Paleontologia da Universidade Regional do Cariri. Este museu (figura 7.5) apresenta

uma sala de exposição permanente, sala de exposição temporária, biblioteca, videoteca, e apoio logístico a pesquisadores. Seu acervo, com mais de três mil exemplares de troncos silicificados, impressões de coniferófitas, plantas com flores, moluscos, artrópodes, peixes, anfíbios e répteis, estão entre os que apresentam as melhores condições de preservação orgânica do mundo. São encontradas estruturas anatômicas delicadas preservadas, tais como cerdas de insetos e restos musculares de vertebrados, e mesmo a coloração original de alguns fósseis. As ações implementadas pela Universidade Regional do Cariri, através de seu museu e pelo programa de treinamento da Bacia-Escola Araripe, são excelentes exemplos do resgate de nossa paleontologia através da educação.

D.2 Museu de Ciências Naturais e de História Barra do Jardim

Localizado em Jardim, Estado do Ceará, o acervo deste museu compreende uma rica coleção de fósseis oriundos da Bacia do Araripe. Neste município encontram-se grandes jazimentos fossilíferos, nos quais



Figura 7.4 Afloramentos da Formação Santana (Membro Crato) na Bacia do Araripe. Dos calcários laminados da localidade de Nova Olinda (Estado do Ceará) são oriundos alguns dos mais bem preservados fósseis do mundo.



Figura 7.5 Museu de Paleontologia de Santana do Cariri, pertencente à Universidade Regional do Cariri. Seu acervo temático versando sobre os fósseis da Bacia do Araripe, contém vegetais e animais que traduzem a biodiversidade do período Cretáceo no Nordeste do Brasil.

são encontrados uma diversificada fauna e flora do Cretáceo Inferior, destacando-se os artrópodes, peixes, répteis e coníferas. A organização do museu está sob a responsabilidade da Fundação Francisco de Lima Botelho que busca, através de programas educacionais, a valorização da cidadania.

O Museu de Ciências Naturais e de História Barra do Jardim tem desenvolvido junto às populações locais, programas de valorização das descobertas científicas feitas na região, possibilitando assim uma maior proteção dos jazigos fossilíferos do município. Trata-se de um grande esforço comunitário, de interesse social, e que possibilita ao visitante conhecer um pouco da história geológica da região.

D.3 Museu dos Fósseis – Centro de Pesquisas Paleontológicas da Chapada do Araripe

O Museu dos Fósseis é vinculado ao Departamento Nacional da Produção Mineral (10^o Distrito, Ceará). Localiza-se no município do Crato, Ceará, tendo como acervo os fósseis da Bacia dos Araripe. Possui em exposição exemplares de insetos, crustáceos, moluscos, troncos permineralizados, impressões foliares de diferentes grupos vegetais, peixes, répteis e elementos da megafauna pleistocênica do Nordeste. A criação do Centro de Pesquisas Paleontológicas da Chapada do Araripe objetivou o estabelecimento de um centro de estudos voltados para os aspectos regionais. O Museu a ele associado destina-se a ações educativas e de proteção ao patrimônio fossilífero.

E. Parque Vale dos Dinossauros

Sousa e Uiraúna-Brejo das Freiras são duas bacias cretácicas da região do rio do Peixe que possuem uma grande quantidade de pegadas de dinossauros (Carvalho, 1996; Godoy & Leonardi, 1985; Leonardi, 1979 a,b; Leonardi, 1980). Estas bacias estão localizadas no oeste do Estado da Paraíba, Nordeste do Brasil, e suas origens relacionam-se aos movimentos de falhas transcorrentes ao longo de lineamentos pré-existentes do embasamento, durante a abertura do Oceano Atlântico (Carvalho, 2000; Carvalho & Leonardi, 1992). A relevância paleontológica-geológica das bacias de Sousa e Uiraúna é a abundância em icnofaunas dinossaurianas. Já foram identificados e mapeados 22 sítios icnofossilíferos, e reconhecidas 296 pistas de grandes

terópodes; 29 de pequenos terópodes; 42 de saurópodes; 2 de ornitíscios quadrúpedes; 28 de ornitópodes graviportais; um conjunto de pegadas batracopódidas; uma impressão lacertóide; um grande número de pegadas não classificáveis e muitas pistas de semi-natação atribuídas a quelônios. Ao todo já foram classificados um número superior a 395 indivíduos dinossaurianos (Leonardi & Carvalho, 2002).

A área mais importante de distribuição de pegadas fósseis, localizada em Passagem das Pedras (Fazenda Ilha) no município de Sousa, é atualmente um parque com 40 hectares de área (figura 7.6). Possui infraestrutura turística e guias treinados para o turismo ecológico e para proteção do sítio icnofossilífero (figura 7.7). Em 20 de dezembro de 1992 através de um Decreto-Lei Estadual (Decreto nº 14.833, de 20 de dezembro de 1992, Diário Oficial do Estado da Paraíba) esta localidade



Figura 7.6 Pegadas fósseis do Parque Vale dos Dinossauros, em Sousa – Estado da Paraíba.

icnofossilífera foi tombada como Monumento Natural e designada como "Monumento Natural Vale dos Dinossauros".

Os investimentos já realizados neste sítio paleontológico (Leonardi & Carvalho, 2002) são de aproximadamente US\$ 800,000.00 (oitocentos mil dólares americanos). De acordo com as informações de Sônia Matos Falcão (Governo do Estado da Paraíba) a proteção deste jazigo fossilífero compreendeu:

- Modificação do curso principal do rio do Peixe objetivando a proteção dos níveis estratigráficos com pegadas fósseis, os quais vinham sendo erodidos durante os períodos de inundações. Foi construído um canal secundário (artificial) e pontes sobre este e sobre o canal do rio.
- Plantio de vegetação nativa nas bordas do canal e áreas adjacentes ao rio do Peixe.
- Estrada de acesso ao Monumento Natural Vale dos Dinossauros a partir da rodovia federal BR-391.
- Pontes de estrutura concreto-aço sobre as pegadas, evitando o contato direto dos visitantes com a superfície rochosa onde estão dispostas.
- Centro de Recepção com 222 m² de área. Abrange exposição com dioramas e painéis temáticos, fósseis, sala de vídeo, centro de documentação, biblioteca, loja de lembranças, lanchonete, sanitários e administração.

F. Museu de Paleontologia de Monte Alto

O Município de Monte Alto, localiza-se no Estado de São Paulo, na região central da Bacia do Paraná (Grupo Bauru). Em toda a região são encontradas inúmeras localidades fossilíferas do Cretáceo Superior, com uma diversificada fauna e flora de organismos terrestres. O Museu de Paleontologia de Monte Alto, fundado em 22 de julho de 1992, teve como idealizador o prof. Antonio Celso de Arruda Campos, sendo seu atual diretor. Congrega um grande acervo de fósseis coletados em sedimentos do Grupo Bauru, aflorantes na região de Monte Alto e nos municípios vizinhos. Conta ainda o museu com laboratório de preparação de fósseis e gabinete de trabalho (Museu de Paleontologia de Monte Alto, 2002).

O Museu de Paleontologia de Monte Alto possui em seu acervo fósseis de dinossauros, crocodilos, tartarugas, moluscos bivalves, icnofósseis e microfósseis que são utilizados tanto pela comunidade de pesquisadores em paleontologia, quanto para o desenvolvimento de atividades didáticas com alunos do Ensino Fundamental e Básico (figura 7.8).

G. Ilha do Cajual

A ilha do Cajual localiza-se na baía de São Marcos, no Município de Alcântara, Estado do Maranhão. Trata-se



Figura 7.7 Centro de recepção aos visitantes do Parque Vale dos Dinossauros, em Sousa.



Figura 7.8 Museu de Paleontologia de Monte Alto, cujo acervo exposto compõe-se principalmente de fósseis encontrados no Estado de São Paulo (fotografia de Antonio Celso de Arruda Campos).

de uma área de proteção ambiental, na qual são encontrados afloramentos de rochas cretácicas extremamente fossilíferos. A maior concentração de fósseis localiza-se próximo à Estação Ecológica da AMAVIDA, em um amplo pavimento de *bone-bed* (Martins, 1996; Medeiros, 2001; Medeiros, 2003), denominado Laje do Coringa (figura 7.9) com cerca de 4.000 m² de afloramentos descontínuos. Medeiros *et alii* (1996) reconheceram ossos e dentes de dinossauros, crocodilos, escamas e placas ósseas de holósteos, bem como troncos de traqueófitas de grande porte.

Devido a importância de tais ocorrências, foi criado em 2002, o Centro de Pesquisa de História Natural e Arqueologia do Maranhão (figura 7.10) pelo governo do Estado do Maranhão. Neste centro, são encontrados núcleos de pesquisa nas áreas de Paleontologia e Arqueologia. O acervo da exposição de Paleontologia revelam a riqueza da fauna e flora do Cretáceo na região hoje abrangida pela bacia de São Luís.

H. Parque Paleontológico São José de Itaboraí

A área onde está instalado o Parque Paleontológico São José de Itaboraí, compreende a re-



Figura 46.9 Laje do Coringa, ilha do Cajual – Estado do Maranhão. Trata-se de um *bone-bed* em que abundam os ossos e dentes de répteis, peixes e troncos vegetais.



Figura 7.10 Centro de Pesquisa de História Natural e Arqueologia do Maranhão, em São Luís – Estado do Maranhão – cujo acervo paleontológico fornece uma ampla visão dos fósseis deste Estado (fotografia de Manuel Alfredo Medeiros).

gião onde existiam depósitos paleocênicos da bacia sedimentar de São José de Itaboraí, no Município de Itaboraí, Estado do Rio de Janeiro. Esta área sedimentar foi minerada pela Companhia Nacional de Cimento Portland Mauá, entre 1934 e 1984, para a retirada de carbonatos destinados à produção de cimento. Desta bacia são provenientes uma ampla flora e fauna terrestres, sem análogos no território brasileiro. Segundo Medeiros & Bergqvist (1999) destacam-se os fósseis de fungos, polens, angiospermas, moluscos (gastrópodes), crustáceos (ostracodes), anfíbios (gymnophiona e anura), répteis (quelônios, ofídeos e crocodilos), aves e mamíferos (marsupiais, condilartras, litopternas, notoungulados, astrapoterias, xenungulatas, edentados e proboscídeos)

Através da Lei Municipal nº 1.346, de 12 de dezembro de 1995 (Município de Itaboraí) foi criado o Parque Paleontológico de São José de Itaboraí, na região da antiga pedreira da Companhia Nacional de Cimento Portland Mauá, no Distrito de São José de Itaboraí, o qual ocupa uma área de 1.341.552,50 m². Além da importância paleontológica, a região é interessante devido a seus aspectos arqueológicos, em especial no que se refere à Arqueologia da Paisagem (Beltrão *et alii*, 2001) – especialização dos estudos ar-

queológicos que realiza a reconstituição da evolução histórica da paisagem.

I. Megafauna do Neógeno da Região Amazônica

Em toda a Amazônia são encontrados inúmeros depósitos do Neógeno extremamente fossilíferos, e que testemunham as transformações ambientais, climáticas e na biota da região Norte do Brasil. Dentre os jazimentos mais importantes estão os encontrados na Formação Solimões (Mioceno Superior – Plioceno) ao longo dos rios do Estado do Acre (figura 7.11). Através do Laboratório de Pesquisas Paleontológicas da Universidade Federal do Acre têm sido realizadas prospecções sistemáticas em toda a região amazônica, revelando uma rica fauna de bivalvíos, gastrópodes, decápodes, crocodilomorfos, quelônios, mamíferos, além de troncos permineralizados (Costa & Rosas Jr., 2001; Maia & Maia, 2001; Melo, 2001). Também em depósitos do Pleistoceno são frequentes os fósseis, tais como as ocorrências relatadas de crocodilomorfos e mamíferos para a região do rio Juruá (Ramos & Souza-Filho, 2001), mas também amplamente distribuídas por toda a Amazônia ocidental (Ranzi, 2001).



Figura 7.11 Afloramento da Formação Solimões (Mioceno), ao longo do rio Acre, Estado do Acre, em que se observa a abundância de restos ósseos.

J. Megafauna do Pleistoceno – Cavernas de Minas Gerais e Bahia

Nas grutas calcárias dos estados de Minas Gerais e Bahia há um amplo registro de mamíferos pleistocênicos, tais como marsupiais, quirópteros, edentados, primatas, roedores, carnívoros, litopternos, notoungulados, proboscídeos, equídeos, camelídeos, taiaçuídeos e cervídeos (Cartelle, 1994). As grutas, em que são encontrados tais fósseis, resultaram da dissolução dos carbonatos que compõem as sucessões sedimentares pré-cambrianas do Grupo Bambuí, durante o Neógeno. As grandes acumulações de fósseis aí encontradas originaram-se pela ação de enxurradas, que transportaram grande quantidade de cadáveres de animais para seu interior. O estudo destes fósseis teve iní-

cio no século XIX, com o paleontólogo dinamarquês Peter Wilhelm Lund, o qual foi responsável pela primeira descoberta de fósseis humanos (“Homem de Lagoa Santa”). Atualmente toda esta fauna vem sendo prospectada e analisada pelo Prof. Cástor Cartelle, o qual organizou um dos mais importantes acervos de faunas pleistocênicas do mundo, atualmente depositado no Museu de Ciências Naturais da Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais. No Zoológico de Pedra, em Cordisburgo (Minas Gerais), foram representados de maneira lúdica, em esculturas de ferro, tela e cimento, a reconstituição desta megafauna (figura 7.12). Também no Museu de História Natural da Universidade Federal de Minas Gerais encontram-se esqueletos relacionados aos mamíferos pleistocênicos.

K. Museu do Homem Americano

Além dos materiais relacionados à pré-história da região do Parque Nacional Serra da Capivara, o Museu do Homem Americano, localizado em São Raimundo Nonato (Estado do Piauí), possui o mais importante acervo sobre a megafauna pleistocênica do Nordeste do Brasil. Sua coleção possui centenas de espécimens, que fornecem uma perspectiva única sobre a importância dos estudos paleontológicos na compreensão das transformações ambientais no transcorrer do Pleistoceno-Holoceno.

O acervo de fósseis exposto apresenta exemplares da fauna do Pleistoceno, abrangendo formas tais como *Palaeolama*, *Hippidion*, *Eremotherium*, *Catonyx*, *Pampatherium*, *Glyptodon*, *Panochtus*, *Toxodon*, *Macrauchenia*, *Haplomastodon* e *Smilodon* (Museu do Homem Americano, 1998), demonstrando a paleodiversidade da região e as condições ambientais e climáticas em que habitaram tais animais. Juntamente com os fósseis são apresentadas ilustrações reconstituindo seus aspectos em vida.

O Museu do Homem Americano é mantido pela Fundação Museu do Homem Americano (FUMDHAM), a qual tem entre seus objetivos a preservação do patrimônio cultural e natural do Parque Nacional Serra da Capivara e a pesquisa científica. Além do Museu sugere-se uma visita ao Parque, onde guias qualificados tecnicamente fornecem, de maneira detalhada, informações sobre a região que possui a maior concentração de sítios pré-históricos das Américas. Aspectos das pinturas rupestres, tradições culturais da pré-história, e locais de escavação de fósseis da



Figura 7.12 Representação lúdica da megafauna do Pleistoceno de Minas Gerais através de esculturas em ferro, tela e cimento do escultor Stamar Jr. Na fotografia “tigre-dente-de-sabre” e “preguiça gigante”. Zoológico de Pedra, Cordisburgo, Minas Gerais.

megafauna são apresentados e contextualizados ambientalmente. Ações exemplares para a preservação de nosso patrimônio cultural e natural.

L. Museu de Ciências da Terra – Departamento Nacional da Produção Mineral

Trata-se de um Museu destinado a abrigar o acervo das coleções e material documental do Departamento Nacional da Produção Mineral, berço da Geologia brasileira. Localizado na cidade do Rio de Janeiro, o Museu de Ciências da Terra, possui coleções de fósseis, rochas, minerais e meteoritos. Os exemplares fósseis abrangem um acervo de mais de 50.000 espécimens, formas advindas de inúmeras bacias sedimentares e que possibilitam o conhecimento da diversidade paleofaunística e paleoflorística do Brasil. São coleções representativas da própria memória geológica do país, com fósseis únicos, muitos deles coletados em afloramentos atualmente inacessíveis.

M. Centro Paleontológico de Mafra

Vinculado à Universidade do Contestado (Mafra, Santa Catarina), o Centro Paleontológico de Mafra (Cenpáleo), coordenado pelo prof. Oscar Rösler, realiza atividades científicas, educacionais e de caráter turístico nos estados de Santa Catarina e Paraná. Desenvolve programas de preservação de jazigos fossilíferos e exposições através do Museu da Terra e da Vida. Possui representação nos conselhos municipais de turismo dos municípios de Mafra (Estado de Santa Catarina) e de Rio Negro (Estado do Paraná), atuando ativamente para o desenvolvimento do turismo científico com base no patrimônio geológico e paleontológico regional (Projeto Cenpáleo, 2003).

Considerações Finais

A legislação brasileira possui um conjunto de leis adequadas para possibilitar a preservação de nossos depósitos fossilíferos (BRASIL, 1942, 1973, 1988, 1990a, 1990b, 1991; Carvalho, 1993). Mostra-se apro-

priada para inibir ações de depredação, comercialização e retirada ilegal do país de espécimens fósseis. Entretanto, observa-se normalmente uma omissão, por parte do poder público, de ações concretas de fiscalização utilizando argumentos como a falta de base legal e disponibilidade de recursos.

Observa-se que em regiões onde o grau de escolaridade é mais elevado, a ação das próprias comunidades, através de associações de moradores ou catalizadas por paleontólogos leigos, tem viabilizado a criação de museus municipais e a preservação do patrimônio fossilífero.

O reconhecimento da importância dos fósseis como bem cultural indissociável do patrimônio público pelas comunidades onde ocorrem os grandes jazigos fossilíferos, possibilita a reativação da economia local e a valorização da identidade da população, além do resgate da identidade e valores culturais da região. Neste caso, a legislação mostra-se então suficiente para coibir ou mesmo impedir a depredação e a comercialização de fósseis.

O sucesso em evitar o vilipêndio e a depredação do patrimônio público está em ações que visem demonstrar às referidas comunidades, os mecanismos de utilização dos fósseis para a economia local, e que possibilitem uma educação básica voltada para o discernimento crítico sobre o significado da cidadania (Carvalho *et alii*, 1999).

Referências

- BELTRÃO, M.C.M.C.; FRANCISCO, B.H.R.; PEREZ, R.A.R.; BEZERRA, F.O.S.; CARVALHO, B.; CANINÉ, J.M.M. & KOATZ, G.D. 2001. O Parque Paleontológico de São José de Itaboraí (Rio de Janeiro) e seu entorno. *Revista Brasileira de Paleontologia*, 2: 53-55.
- BRASIL. 1942. Decreto-Lei nº 4.146, de 4 de março de 1942. *Diário Oficial dos Estados Unidos do Brasil*, Rio de Janeiro, nº 54, seção 1, p. 3533.
- BRASIL. 1973. Decreto-Lei nº 72.312, de 31 de maio de 1973. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, seção 1, pt. 1, p. 5298-5300.
- BRASIL. 1988. *Constituição, 1988. Constituição: República Federativa do Brasil*. Brasília: Senado Federal, Centro Gráfico, XIV. 292 p.
- BRASIL. 1990a. Decreto-Lei nº 98.830, de 15 de janeiro de 1990. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, seção 1, p. 1092-1093.
- BRASIL. 1990b. Ministério da Ciência e Tecnologia. Portaria nº 55, de 14 de março de 1990. *Diário Oficial da República Federativa do Brasil*, Brasília, p. 5460-5466.
- BRASIL. 1991. Lei nº 8.176, de 8 de fevereiro de 1991. *Coleção das Leis da República Federativa do Brasil*, Brasília, v. 183, nº 1, p. 88-89.
- CARTELLE, C. 1994. *Tempo passado. Mamíferos do Pleistoceno em Minas Gerais*. Editora Palco, Belo Horizonte. 129 p.
- CARVALHO, I. S. 1993. Aspectos legais da comercialização de fósseis e sua influência na pesquisa e no ensino da paleontologia no Brasil. *Cadernos IG/UNICAMP*, 3(1): 91-105.
- CARVALHO, I.S. 1996. As pegadas de dinossauros da bacia de Uiraúna-Brejo das Freiras (Cretáceo Inferior, estado da Paraíba). In: SIMPÓSIO SOBRE O CRETÁCEO DO BRASIL, 4. *Boletim*. Rio Claro, São Paulo, p. 115-121.
- CARVALHO, I.S. 2000. Geological environments of dinosaur footprints in the intracratonic basins from Northeast Brazil during the South Atlantic opening (Early Cretaceous). *Cretaceous Research*, 21: 255-267.
- CARVALHO, I. S. 2001. Bacias intracratônicas do Nordeste do Brasil. In: BRITO, I. M. (ed.). *Geologia Histórica*. Editora da Universidade Federal de Uberlândia, p. 117-140.
- CARVALHO, I.S. & LEONARDI, G. 1992. Geologia das bacias de Pombal, Sousa, Brejo das Freiras e Vertentes (Nordeste do Brasil). *Anais da Academia Brasileira de Ciências*, 64(3): 231-252.
- CARVALHO, I.S.; FERNANDES, A. C. S. & SANTOS, V. F. 1999. Educação: a base para preservação do patrimônio fossilífero. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 41, *Boletim de Resumos*, Sociedade Brasileira de Paleontologia, p. 32-33.
- COSTA, C. F. M. & ROSAS Jr., A. 2001. Expedição paleontológica ao Alto Rio Juruá: contribuição ao histórico da paleontologia na Amazônia. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 42. Universidade Federal do Acre, Sociedade Brasileira de Paleontologia. *Boletim de Resumos*, p. 197.
- FAMÍLIA CRISTÃ. 1990. Mata, um capricho da natureza. São Paulo, nº 654, p. 10-11.
- FERNANDES, A. C. S. & CARVALHO, I. S. 2000. A espoliação da paleoartropodofauna brasileira: um exemplo da Chapada do Araripe. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PALEOARTROPODOLOGIA,

JAZIGOS PALEOBOTÂNICOS DO BRASIL

Fresia Ricardi-Branco



Neste capítulo serão indicados alguns jazimentos do registro geológico do Brasil nos quais podem ser encontrados fósseis de vegetais ou fitofósseis. A escolha dos sítios foi feita tentando reunir acontecimentos importantes da história evolutiva das plantas, principalmente vasculares, registrados no Brasil; processos de fossilização diferentes; bacias representativas de cada período e jazigos com macrofósseis vegetais (figura 8.1). Uma vez que é impossível mencionar todos os jazigos de fitofósseis encontrados no Brasil ou em uma bacia em especial, foram indicadas no texto as bibliografias onde podem ser encontradas referências de um número mais amplo de localidades com fósseis de vegetais e maiores detalhes acerca do sítio em questão.

Antes de começar, é interessante discutir brevemente como ocorre a fossilização das plantas terrestres, em quais ambientes e quais podem ser os depósitos gerados pelo acúmulo de restos vegetais. Potencialmente todo o corpo de um vegetal pode ser fossilizado, mas somente as partes facilmente dispersáveis e que se apresentam em grandes quantidades nos sedimentos têm maior possibilidade de se fossilizar. Assim, verificamos que a porção aérea de um vegetal é mais facilmente transportada desde o

local de origem até os sedimentos. A porção aérea pode ser dividida em partes com funções reprodutivas e partes com funções vegetativas. No primeiro grupo encontram-se alguns órgãos, como esporângios, cones, flores (escassas no registro fóssil), frutos, sementes, esporos e pólenes. O segundo grupo abrange folhas, galhos, caules e troncos, bem frequentes nos jazigos fossilíferos de vegetais. Logicamente, a sobrevivência das espécies depende da sua capacidade de se dispersar e de colonizar outras áreas. Para isso, desenvolveram estruturas e órgãos reprodutivos com adaptações que permitem o melhor transporte.

Os depósitos de fitofósseis formados desde que as plantas vasculares colonizaram o continente refletem a vegetação da área na qual habitava a planta, bem como o clima e outras condições ambientais. Muitas vezes os fósseis de plantas que encontramos num afloramento ou assembléia, não representam apenas a vegetação local, podendo tratar-se de uma mistura de elementos locais com elementos (por exemplo folhas ou sementes e caules) que tenham viajado alguma distância, desde o momento que se desprenderam da planta de origem. Nesse caso, o conjunto encontrado será uma assembléia, representando uma mistura de elementos autóctones (locais) e alóctones (transportados). As-



Figura 8.1 Localização das bacias sedimentares com ricos jazimentos de microfósseis vegetais (modificado de Rohn, 2000).

sim, são assembléias representativas da mata ciliar, e que fossilizam em depósitos nas margens dos cursos d'água. Outros depósitos de fitofósseis podem ser enormes e muito extensos, como as jazidas de carvão, constituindo produto da fossilização de antigos pântanos, semelhantes aos atuais manguezais. Depósitos não menos importantes economicamente são gerados em lagos por acúmulo de vegetais das margens e dos rios próximos ou de planícies de várzea quando o rio transborda seu leito original.

Dependendo das condições do ambiente onde fossilizam os restos vegetais, sempre em condições de pouco ou nenhum de oxigênio, vamos ter diferentes tipos de fósseis vegetais. Assim, por exemplo, podemos mencionar:

- O carvão é produto de um processo denominado incarbonização, muito comum em ambientes pantanosos onde se acumulam grandes volumes de matéria orgânica vegetal. Nessas condições ácidas e anóxicas existe, a possibilidade de serem conservadas partes como cutículas de folhas e sementes,

permitindo a realização de estudos paleoanatômicos ou morfológicos. Esses dados são muito úteis na hora de se fazer interpretações acerca do clima.

- Outro tipo de fossilização, a permineralização, permite a preservação anatômica produzindo fósseis tridimensionais muito atrativos. Esse processo acontece quando a água com sílica, cálcio ou, mais raramente, ferro dissolvido em alta concentração penetra nos tecidos da planta.
- Contudo, o tipo mais comum de fossilização em vegetais são as impressões, nas quais se produz uma cópia em negativo do original, sem preservar nada da matéria orgânica original.

Como é de se esperar, vamos encontrar fósseis de plantas terrestres a partir do surgimento da vida no continente que aconteceu no Siluriano e início do Devoniano. Esse registro é mais ou menos contínuo até os nossos dias. Dessa forma serão mencionados jazimentos em uma ordem cronológica de aparecimento começando pelos mais antigos correspondentes à Era Paleozóica até os mais recentes, da Era Cenozóica.

Jazigos Paleozóicos

Um dos acontecimentos mais importantes na história do povoamento da terra firme foi o aparecimento das primeiras plantas terrestres. Essas primeiras plantas eram muito simples e derivaram de algum grupo de algas verdes. Essa passagem para o ambiente seco da terra firme, envolveu inúmeros problemas, dos quais os mais importantes enfrentados pelas plantas foram relacionados a:

- desenvolvimento de sistemas de fixação e de absorção de água do solo;
- transporte da água e os minerais do solo às partes superiores da planta e estruturas rígidas para manter-se eretas e buscar a luz; dessecação dos tecidos expostos ao ar e ao sol, solucionada pelo desenvolvimento de um tecido externo poroso, mas revestido de cutícula (cerosa), recobrimdo toda a parte aérea;
- proteção dos esporos, ou células reprodutoras, por meio de uma parede resistente, denominada exina.

Uma vez que o corpo da planta desenvolveu uma parte aérea e outra subterrânea, começou o desenvolvimento de órgãos especializados para a fotossíntese: as folhas.

No Brasil encontramos registro de vegetais primitivos, na Bacia do Paraná, em camadas da Formação Furnas, no Município de Jaguariaíva, Estado do Paraná, com uma idade eodevoniana (aproximadamente 400 Ma). Essa assembléia é constituída, principalmente, por impressões de vegetais que habitaram um ambiente subaquoso lagunar, ou seja, lagoas pouco profundas perto da costa, embora os fósseis tenham sofrido transporte antes da deposição, o que explica o caráter fragmentário dos exemplares e sua disposição caótica na rocha. Essa assembléia foi estudada por Mussa *et alii* (1996) tendo sido descritos fragmentos de gametófitos (estruturas reprodutivas) associados com fragmentos de caules vegetativos, mas uma vez que os espécimes aparecem desconectados e dispersos, torna-se difícil conhecer a verdadeira afinidade entre eles. Mussa *et alii* (1996) mencionam a presença de plantas muito simples como *Cooksonia*, possíveis restos de *Zosterophyllum* de distribuição mundial e formas endêmicas como *Ciguelia* e *Brasilophyton*. Pela presença de partes estéreis (*Ciguelia*, *Zosterophyllum*, *Brasilophyton* e *Cooksonia*) e férteis (*Lyonophyton* e *Edwardsnella*), os autores concluíram que a assembléia brasileira é comparável a associações encontradas em

outros lugares do planeta, embora a assembléia de Jaguariaíva apresente um alto grau de endemismo.

Devido à proximidade da porção sul do paleocontinente Gondwana ao pólo Sul, durante a maior parte do Devoniano, não existe registro de fitofósseis para o restante desse período no Brasil. Voltamos a encontrar assembléias de fitofósseis no Eocarbonífero (Viséano). Dentre esses, podem ser mencionados afloramentos na Bacia de Parnaíba, pertencentes à Formação Poti localizados na borda da leste bacia entre as cidades de Teresina e Floriano (Iannuzzi, 1994). A paleoflora (reunião de várias assembléias) é representada por impressões e/ou compressões de fragmentos de caules de licófitas (*Ursodendron?*), bem como de frondes (*Diplothema* e *Adiantites*) e estruturas reprodutivas masculinas de pteridospermas (*Kegelidium* e *Paulophyton*), além de frondes de afinidades incertas (*Triphylopteris* e *Nothorapcopteris*). Essa paleoflora, possivelmente habitava um clima temperado frio, fato corroborado pela posição latitudinal da Bacia do Parnaíba durante o Eocarbonífero. O ambiente onde habitavam foi interpretado por Iannuzzi (1994) como flúvio-deltáico.

No decorrer do Carbonífero a porção sul do Gondwana experimentou períodos glaciais nos quais o registro de fósseis vegetais é bastante escasso. Assim podemos mencionar, entre outros, para a Bacia do Paraná, o registro de fósseis vegetais relacionados com períodos interglaciais encontrados em sedimentos do Subgrupo Itararé no Estado de São Paulo, nas taofloras (conjunto de fitofósseis encontrados num afloramento) de Itapeva (Zampiroli, 2001) e Monte Mor (Millan, 1972).

No Permiano da Bacia do Parnaíba, Formação Pedra de Fogo, encontramos afloramentos de lenhos e raízes permineralizados por sílica, muitos deles ainda em posição original, de quando vivos, pois os exemplares encontram-se muito bem preservados. Muitos desses lenhos pertencem a pteridospermas, que foram vegetais que possuíam traços ancestrais de pteridófitas e novas adaptações ao meio terrestre encontradas nos espermatófitos (por exemplo gimnospermas) como sementes. Vários afloramentos têm sido mencionados na literatura, como os localizados na região Carolina- Araguaína no Estado do Piauí (Coimbra & Mussa, 1984) e o campo de troncos nas proximidades de Teresina (Caldas *et alii*, 1989). A paleoflora (reunião de várias taofloras) de troncos fósseis da Formação Pedra de Fogo é reconhecida pela presença

do gênero *Psaronius*, embora estudos recentes tenham ampliado o conhecimento dessa paleoflora de caules fósseis (figura 8.2), incluindo troncos de esfenófitas da família Calamitaceae (*Artropitys*), de lignitoflora pteridospermas (*Teresinoxylon* e *Carolinapitys*) e raízes (*Amyelon*). Em geral o ambiente onde esses vegetais habitavam era úmido como nos lugares próximos a rios ou zonas pantanosas próximas à praia (planície costeira), em climas secos e áridos como os da Formação Pedra de Fogo.

Durante o Permiano, com o fim da glaciação e o afastamento das calotas de gelo da porção sul do Gondwana e, em consequência, do leste da Bacia do Paraná (estados de São Paulo, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul) encontramos o imenso registro paleobotânico representado pela Flora de *Glossopteris* (figura 8.3), associado à porção superior do Subgrupo Itararé; às jazidas de carvão da Formação Rio Bonito e às paleofloras do Grupo Passa Dois (formações Irati, Serra Alta, Teresina e Rio do Rasto). A Flora de *Glossopteris* representa as florestas que dominavam os ambientes pantanosos dos deltas, gerados após o final da glaciação, margens de rios e planícies costeiras. A

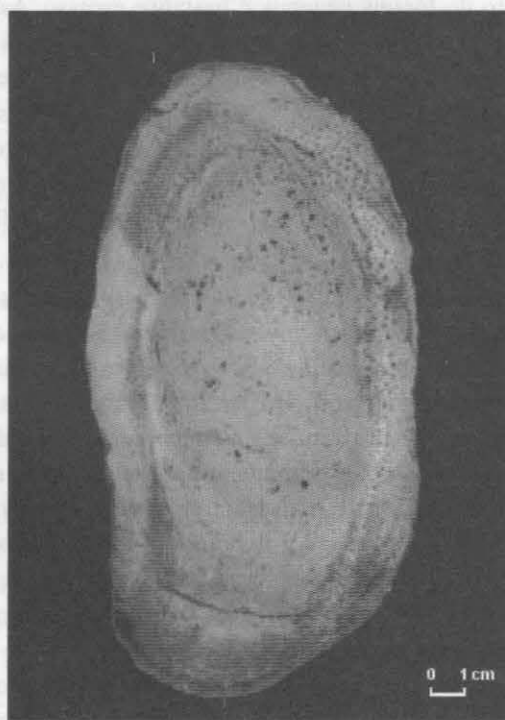


Figura 8.2 Seção transversal de *Psaronius* sp. (Formação Pedra de Fogo, Bacia do Parnaíba). Coleção Didática de Paleontologia do IG/USP, São Paulo.

Flora de *Glossopteris* também ocorre na Argentina, Sul da África, Austrália, Índia, Antártica e Madagascar, constituindo uma das provas mais importantes da deriva dos continentes. Essa flora vem sendo estudada desde o início do século XX no sul do Brasil por causa das jazidas de carvão associadas a ela. Mencionar um afloramento único representativo dela na porção brasileira na Bacia do Paraná, resulta quase impossível, uma vez que existem muitos afloramentos e estudos realizados nos estados de São Paulo (Mussa, 1982; Bernardes de Oliveira *et alii*, 1999 e 2000; Rohn *et alii*, 2000), Paraná (Oliveira, 1927; Read, 1941; Rösler, 1972; Fittipaldi, 1981; Ricardi-Branco, 1998; Rohn, 1988), Santa Catarina (White, 1908; Bernardes de Oliveira, 1977; Bernardes de Oliveira & Yoshida, 1981; Rohn, 1994) e Rio Grande do Sul (White, 1908; Chaloner *et alii*, 1979; Guerra-Sommer, 1989; Guerra-Sommer & Cazzulo-Klepzig, 1993; Merlotti, 2000).

A Flora de *Glossopteris* é formada por um conjunto grande de espécies, sendo as folhas do gênero *Glossopteris* (uma pteridosperma) muito comuns e rico em espécies. Junto com este gênero encontram-se associadas espécies de caules (por exemplo *Brasilodendron*, *Lycopodiopsis*) e microfósseis de licófitas, caules (*Paracalamites*), folhas (*Sphenophyllum* e *Schizoneura*) e estróbilos de esfenófitas, frondes de pteridófitas (*Pecopteris* e *Sphenopteris*), outras pteridospermas como folhas de *Rubidgea*, estruturas reprodutivas associadas a *Glossopteris* como *Ottokaria*, madeiras permineralizadas (*Vertebaria*, *Polysolenoxylon* e *Taxopitys*), ramos (*Paranocladus*, *Brasilocladus* e *Krauselcladus*), estróbilos femininos de coníferas, bem como abundantes e variados tipos de sementes (*Samaropsis* e *Cordaicarpus*). De forma muito geral é possível mencionar que os macrofitofósseis da Flora de *Glossopteris*, na porção leste da Bacia do Paraná, compreendem impressões, compressões-carbonificadas com cutículas preservadas de caules, folhas e sementes, assim como troncos permineralizados, especialmente nas formações Rio Bonito, Irati e Serra Alta. O período durante o qual a vegetação do sul do Brasil foi caracterizada pela Flora de *Glossopteris* abarca todo o Permiano (aproximadamente 42 Ma). Assim, é possível mencionar vários locais de ocorrência em etapas diferentes de sua história como a Mina de Carvão Amando Simões, Município de Figueira (Paraná), que apresenta seu estágio inicial de desenvolvimento (Ricardi-Branco, 1998). A maior diversidade da Flora de *Glossopteris* encontra-se representada em Criciúma (Santa Catarina), no afloramento Bainha, no qual

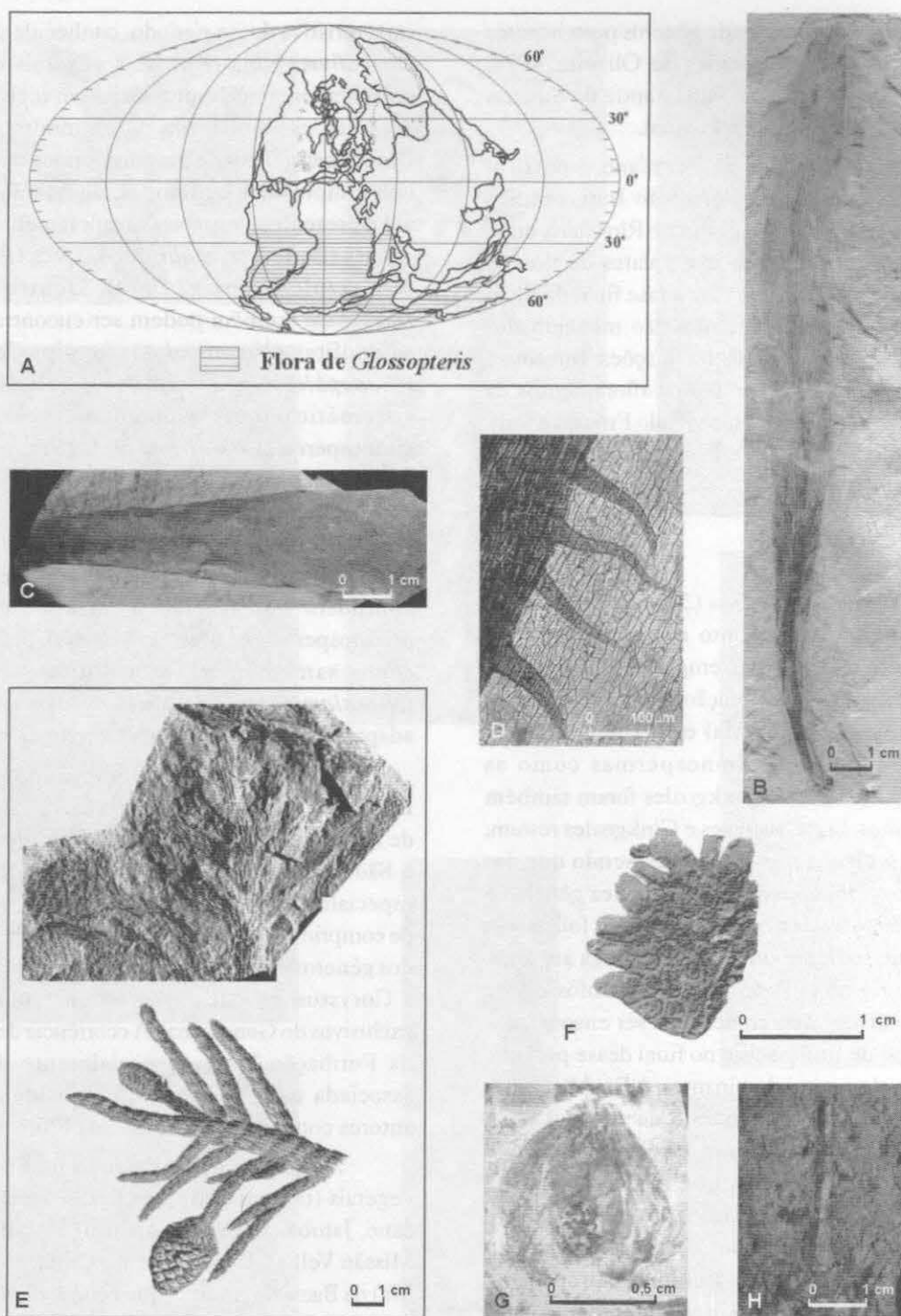


Figura 8.3 Algumas espécies da Flora de *Glossopteris* encontradas na porção brasileira da Bacia do Paraná. Distribuição da Flora de *Glossopteris* durante o Eopermiano; a elipse indica a posição da Bacia do Paraná. (B) Folha de *Glossopteris mussae* (Formação Irati). (C) *Noegerathiopsis hislopi* (Subgrupo Itararé). (D) Cutícula adaxial de uma folha de *Paranocladus dusenii*; notar tricomas e fileira de estômatos. (E) Ramo de *Paranocladus dusenii* com estróbilo (Formação Rio Bonito) e sua reconstituição. (F) *Ottokaria sanctae-catharinae*, estrutura reprodutiva feminina de glossopterídeas (Formação Rio Bonito). (G) Semente *Samaropsis* sp. (Subgrupo Itararé). (H) Microfita de licófita (Formação Rio Bonito). Exemplares depositados na Coleção Científica do Laboratório de Geociências UnG, Guarulhos, SP (B, material analisado por Ricardi-Branco *et alii*, 1999); Coleção de Paleobotânica (3T) do Laboratório de Paleontologia Sistemática do IG/USP, São Paulo (C, D, E, F e H) e Coleção do Museu de Paleontologia e Estratigrafia "Prof. Dr. Milton Barbosa Landim" DGS-IGCE/UNESP, Rio Claro SP (C, F e G descritos por Rohn *et alii*, 2000; D, E e H descritos por Ricardi-Branco, 1998).

ocorrem 58 espécies diferentes de gêneros pertencentes à Flora de *Glossopteris* (Bernardes de Oliveira, 1977; Iannuzzi, 1999), bem como no Rio Grande do Sul, nas minas de carvão de Candiota e Faxinal.

Para a parte superior do Permiano é possível mencionar afloramentos da Formação Irati, em São Paulo, como as pedreiras de calcário de Rio Claro, onde foram encontrados numerosos exemplares de troncos permineralizados. Por último, para a fase final da Flora de *Glossopteris*, vários afloramentos são mencionados por Rohn (1994) para o Paraná (formações Teresina e Rio do Rasto) como por exemplo os afloramentos da Rodovia Dep. Antônio Baby entre Paulo Frontin e Irati, e as pedreiras de Fluviópolis e Prudentópolis.

Jazigos Mesozóicos

A partir da Era Mesozóica (248-65 Ma) inicia-se um processo de aprimoramento nas gimnospermas. Nessa época, as coníferas (por exemplo araucárias) foram dominantes e de ampla distribuição, especialmente nos períodos Triássico (248-206 Ma) e Jurássico (206-144 Ma). Outros grupos de gimnospermas como as Bennettitales, Cycadales e Ginkgoales foram também muito abundantes. Das Cycadales e Ginkgoales restam, em nossos dias, alguns representantes, sendo que das cycas são conhecidos aproximadamente dez gêneros e das Ginkgoales, caracterizadas pelas suas folhas em forma de leque, somente uma espécie chega até hoje. A partir do Cretáceo (144-65 Ma) os macrofósseis de angiospermas ou antófitas começam a ser encontrados nas assembléias de fitofósseis e no final desse período, passam a ser os elementos dominantes. A Era Mesozóica é caracterizada por um incremento da aridez a nível mundial, tendência do clima que vem desde o Permiano. Esse fato faz com que as ocorrências de fósseis vegetais durante o Mesozóico sejam muito reduzidas, pois, embora com certeza, existissem florestas sobre o planeta, os ambientes propícios à ocorrência do processo de fossilização foram escassos. De qualquer forma, encontramos no Brasil registros desse tempo dominados principalmente por espermatófitos, melhor adaptados à vida no interior do continente, tanto do ponto de vista anatômico como na reprodução livre da dependência de água.

Durante o Triássico, na porção brasileira da Bacia do Paraná, nos sedimentos da Formação Santa Maria, afloramento Passo das Tropas, Município de Santa Maria (Rio Grande do Sul) encontramos uma assembléia

característica desse período, conhecida como Flora de *Dicroidium*. Nela os fósseis vegetais encontram-se preservados como impressões, sem registro de matéria orgânica carbonificada. O elemento dominante é *Dicroidium*, gênero de pteridospermas caracterizado por belas impressões de frondes, do qual foram descritas, até o presente, 8 espécies no afloramento de Passo das Tropas (Bortoluzzi *et alii*, 1984, 1985; Guerra-Sommer & Cazzulo-Klepzig, 2000). Dentro da Flora de *Dicroidium* também podem ser encontradas folhas de esfenófitas (*Neocalamites*), frondes de pteridófitas (*Cladophlebis* e *Tetraptilon*), folhas de posição sistemática incerta como *Nilsonia* e ramos de gimnospermas tipicamente mesozóicas como a conífera *Podozamites*, a cica *Williamsonia* e a ginkgoíta *Ginkgoites*, entre outros. A Flora de *Dicroidium* representa, segundo Guerra-Sommer & Cazzulo-Klepzig (2000), uma floresta localizada próxima a cursos de água e lagos composta por árvores (coníferas, ginkgoífitas e pteridospermas), arbustos (*Nilsonia*), plantas herbáceas como samambaias (pteridófitas) e esfenófitas (*Neocalamites*). Toda a associação vegetal estaria adaptada a condições de clima temperado.

Também dentro da Formação Santa Maria, no Estado do Rio Grande do Sul, são registrados depósitos de lenhos silicificados como os dos municípios de Mata e São Pedro. Os lenhos pertencem a gimnospermas, especialmente coníferas, e alguns atingem 30 metros de comprimento (Guerra-Sommer & Scherer, 1999). Um dos gêneros mais importantes é *Rhexoxylon* (relacionado a *Corystospermales*, que foram arbustos lenhosos exclusivos do Gondwana). A ocorrência de lenhos dentro da Formação Maria, especialmente da assembléia associada com *Rhexoxylon*, é considerada por esses autores como contemporânea da Flora de *Dicroidium*.

No Jurássico encontramos no Brasil registro de vegetais (troncos permineralizados) nas bacias de Tucano, Jatobá (Formação Aliança) e Araripe (Formação Missão Velha). Contudo, é no Cretáceo (Aptiano, 120 Ma) da Bacia do Araripe, que ocorre, dentro do Membro Crato da Formação Santana, Ceará, uma flora extremamente bem preservada. Essa possui uma enorme importância dentro da evolução das plantas terrestres, devido à sua variedade e por ser um dos primeiros registros de macrofósseis de angiospermas a nível mundial (figura 8.4). Além dos vegetais é registrada uma enorme e diversa assembléia fossilífera composta por: invertebrados (ostracódeos, conchostráceos, insetos, aracnídeos, bivalvíos e gastrópodes), vertebrados (peixes, pterossauros, quelônios, crocodilos, aves e anfíbi-

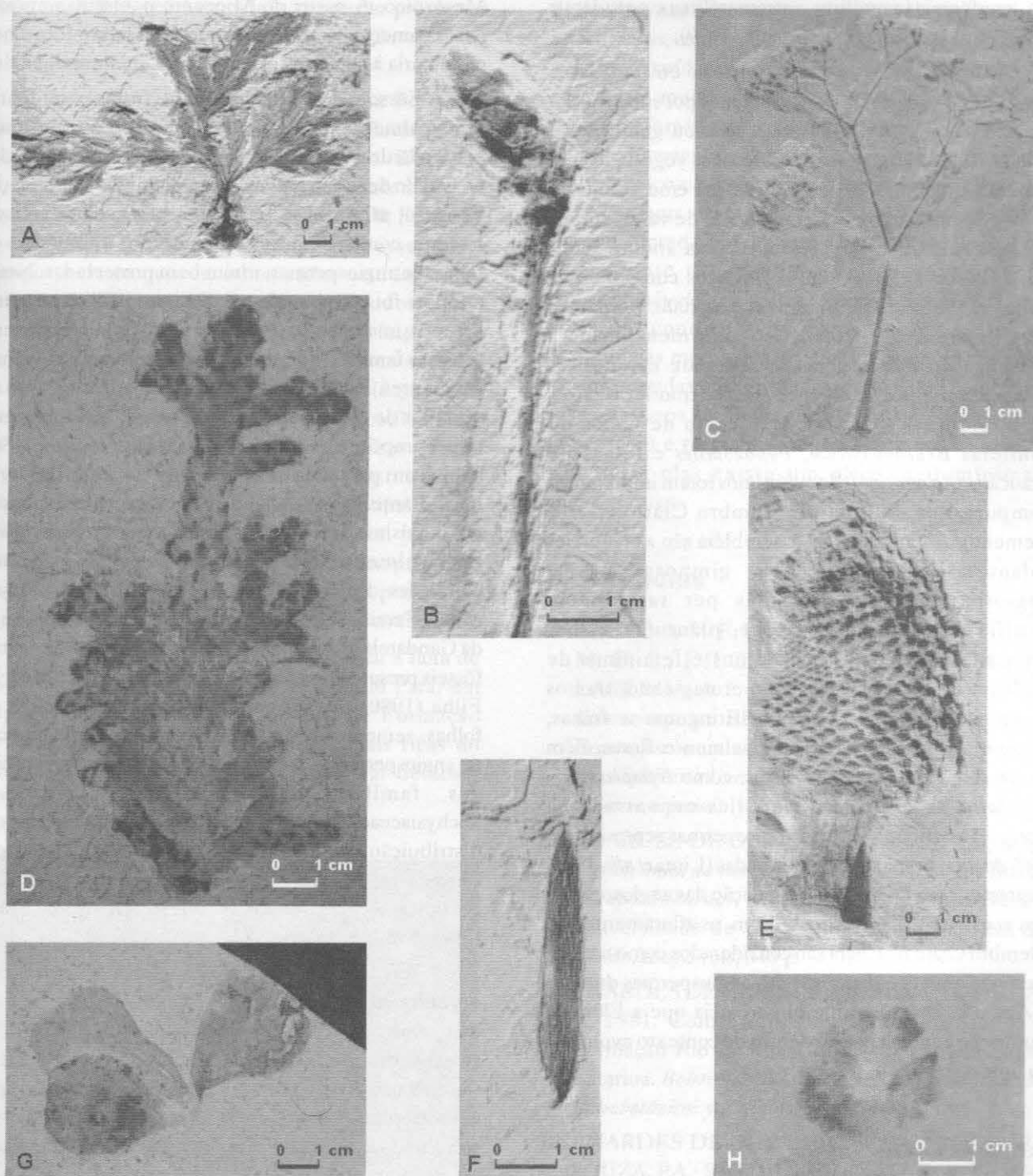


Figura 8.4 Alguns exemplares da taoflora encontrada na Formação Santana, Bacia do Araripe. Fronde de *Anemia* sp. (B) Cone de Welwitschiaceae. (C) Ramos com frutificações de Ephedraceae. (D) Ramos de *Brachyphyllum*. (E) Estróbilo de gimnosperma. (F) Folha de Araucariaceae. (G) Agrupamento de pétalas. (H) Semente com asa. Exemplares depositados na Coleção do Museu de Paleontologia de Santana do Cariri da Universidade Regional do Cariri, Crato – Ceará (A, B, E e F); Coleção do Museu do Crato, D.N.P.M., Crato – Ceará (C e G) e Coleção de Paleobotânica (3T) do Laboratório de Paleontologia Sistemática do IG/USP, São Paulo (D e H).

os), icnofósseis (coprólitos, estromatólitos e pegadas) e palinómorfs (Viana & Neumann, 1999).

Os fósseis vegetais ocorrem em calcários laminados e encontram-se preservados por substituição do tipo calcificação, limonitização e ou goethização (Viana, 1999). Essa flora representa a vegetação que habitava próximo à água (mata ciliar) e/ou submersa dentro de um sistema lacustre dotado de vários corpos de água amplos e rasos, sob um clima árido e semi-árido (Barreto *et alii*, 2000). Entre os componentes (Duarte, 1985 e 1993; Barreto *et alii*, 2000; Bernardes de Oliveira *et alii*, 2002) tem sido mencionada a presença de macro algas, frondes de esfenófitas (*Schizoneura* e possivelmente *Isoetes*), frondes e raízes de pteridófitas (*Anemia*), bem como de ramos de coníferas *Brachyphyllum*, *Podoxomites* e folhas de Araucária (*Araucarites*). Esses últimos foram importantes componentes da flora do Membro Crato. Outros elementos importantes da assembléia são as Gnetales (plantas relacionadas com gimnospermas e angiospermas) representadas por ramos com frutificações de Ephedraceae, plântulas, folhas (enormes), estróbilos masculinos e femininos de Welwitschiaceae. Das angiospermas encontramos dicotiledôneas, entre as quais distinguem-se folhas, frutos e sementes aladas e, possivelmente, flores, além da presença de formas lacustres, como *Nymphaeites* e *Choffatia*. A associação florística encontrada na Formação Santana, onde as angiospermas representam 25% do total de espécies encontradas (Lima *et alii*, 1996) é característica do início da instalação das angiospermas nos ecossistemas terrestres. Assim, os afloramentos do Membro Crato no Ceará são considerados como um dos locais de origem e dispersão das angiospermas durante o Aptiano. Daí a enorme importância que a Flora da Formação Santana possui dentro do contexto evolutivo da flora terrestre.

Jazigos Cenozóicos

No Cenozóico, a evolução das angiospermas foi enorme e o domínio das dicotiledôneas arbóreas e herbáceas, junto às monocotiledôneas proporcionou novas fontes de alimento exploradas pelos animais terrestres. Os registros de plantas fósseis do Cenozóico indicam que o início do Terciário (Paleoceno, Eoceno e Oligoceno) foi tempo de uma proliferação vegetal muito rica, predominantemente tropical, beneficiada pela instalação de climas mais úmidos que os do

Mesozóico. A partir do Mioceno, paulatinamente, o clima começou a mudar, ficando mais seco e frio, o que conduziria às grandes glaciações do Quaternário.

Fósseis de vegetais (folhas, frutos e sementes principalmente) cenozóicos são encontrados no Brasil. Na Bacia de Fonseca perto da cidade de Alvinópolis, no Estado de Minas Gerais, nos sedimentos da Formação Fonseca, aflora uma rica assembléia, datada como Eoceno, composta principalmente por impressões de folhas de angiospermas, muito bem preservadas. Nessa tafoflora foi corroborado por Duarte (1974) a presença de aproximadamente vinte famílias de angiospermas, sendo as famílias Melastomataceae e Mimosaceae as mais frequentes. Entre os fósseis, destaca-se a impressão de uma flor de Bombacaceae. Acredita-se que as plantas que compõem a assembléia (Mello *et alii*, 1999) habitavam pântanos pertencentes a um sistema fluvial meandrante, sendo os fósseis muitas vezes encontrados em depósitos de meandros abandonados (*oxbow lakes*). Possivelmente essa floresta desenvolveu-se sob condições de clima úmido. Também no Estado de Minas Gerais, na Bacia de Gandarela, localizada na Serra da Gandarela, foi estudada uma assembléia com vegetais fósseis preservados com impressões por Duarte & Mello Filha (1980). As autoras mencionam a presença de folhas, sementes e abundantes caules principalmente de angiospermas. Essa tafoflora é composta por espécies das famílias Chrysobalanaceae, Rutaceae, Vochysiaceae, Sapindaceae e Myrtaceae todas elas com distribuição tropical, de modo que possivelmente a floresta representada foi muito semelhante à que atualmente é encontrada na região (Duarte & Mello Filha, 1980).

Assembléias vegetais do Oligoceno são encontradas no Estado de São Paulo, em afloramentos da Formação Tremembé, muitos dos quais localizam-se nas pedreiras de argila da cidade de Taubaté. Nesses são encontrados fósseis de plantas que integravam uma mata tropical úmida, além de abundantes fósseis de vertebrados como peixes, aves, bem como de insetos. Os fósseis vegetais (Duarte & Mandarin-de-Lacerda, 1987, 1989a, 1989b, 1992; Mandarin-de-Lacerda & Bernardes de Oliveira, 1999) correspondem a impressões algumas vezes com cutículas preservadas de folhas, ramos, frutos e sementes. Os fitofósseis foram identificados como carófitas (algas), pteridófitas, gimnospermas, angiospermas dicotiledôneas como Celastraceae, Loganiaceae, Mimosaceae, Caesalpiniaceae, Phytolacaceae, Tiliaceae e Nymphaeaceae (planta aquática) e monocotiledôneas como gramíneas.

Toda a taoflora representaria a vegetação próxima a um lago, tendo-se desenvolvido sob condições de clima subtropical úmido.

Ainda no Estado de São Paulo, na Formação Itaquaquecetuba (Oligoceno), em afloramentos localizados em bancos de areia do rio Tietê, no Município de Itaquaquecetuba, a aproximadamente 35 km da cidade de São Paulo (Fittipaldi, 1990; Fittipaldi *et alii*, 1989) foi encontrada uma rica assembléia composta de troncos incarbonizados estudados por Suguio & Mussa (1978) e identificados como pertencentes a leguminosas, bem como impressões incarbonizadas de folhas completas, frutos e sementes, muitas vezes com cutículas preservadas (figura 8.5). Nessa taoflora foram identificadas monocotiledôneas da família Araceae e dicotiledôneas como Aquifoliaceae, Flacourtiaceae, leguminosas, Malpighiaceae, Myrtaceae e Tiliaceae. Fittipaldi *et alii* (1989) sugerem que a associação vegetal por eles estudada pertença a uma floresta tropical sempre verde e que muitos dos elementos encontrados podem ser hoje identificados em formações vegetais similares.

Por último, é interessante mencionar a flora de idade miocênica encontrada no Estado do Pará, em Capanema (localidade de Caieira), na Formação Pirabas, considerada como uma das mais ricas do Cenozóico do Brasil. É possível observar detalhes

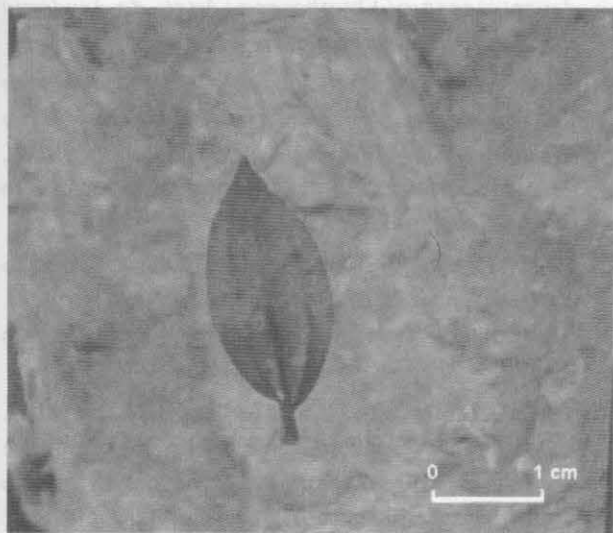


Figura 8.5 Especime da taoflora da Formação Itaquaquecetuba, Bacia de São Paulo. Folha de ?Melastomataceae. Coleção de Paleobotânica (3T) do Laboratório de Paleontologia Sistemática do IG/USP, São Paulo.

delicados nas impressões dos fósseis vegetais ali encontrados, como galhas nas folhas, pelo fato de terem sido os fitofósseis preservados em calcários de granulação muito fina. A assembléia é composta por dezoito famílias de angiospermas, sendo 17 dicotiledôneas, tais como Nictaginaceae, Theaceae, Euphorbiaceae, Rubiaceae, Ebenaceae, Melastomataceae, e uma de monocotiledônea. Essa assembléia foi considerada por Duarte (1972) como uma flora tipicamente tropical sul-americana de planície correlacionável com a atual floresta amazônica, que vivia em condições de clima quente e úmido. Assembléias mais recentes do Plioceno e Pleistoceno são encontradas em vários lugares do Brasil como Bom Jesus da Lapa na Bahia, nas camadas Nova Iorque (Maranhão) e na Formação Rio Claro em São Paulo. Em todas elas existe um claro predomínio de angiospermas.

Referências

- BARRETO, A. M. F.; BERNARDES-DE-OLIVEIRA, M. E. C.; DILCHER, D.; MANDARIM-DE-LACERDA, A. F. & VIANA, M. S. S. 2000. Fruto monocarpelar Eocretáceo do Membro Crato, Formação Santana, Bacia do Araripe, Nordeste do Brasil. *Revista Universidade Guarulhos, Geociências, V (número especial)*: 121–124.
- BERNARDES-DE-OLIVEIRA, M.E.C. 1977. *Taoflora eogondvânica da camada Irapuá, Formação Rio Bonito (Grupo Tubarão), SC*. Instituto de Geociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, Tese de Doutorado, 2 vols, 340 p.
- BERNARDES DE OLIVEIRA, M. E. C. & YOSHIDA, R. 1981. Coniferófitas da “Taoflora Irapuã”, Formação Rio Bonito, Grupo Tubarão em Santa Catarina. *Boletim de la Asociación Latinoamericana de Paleobotánicos y Palinólogos*, 8: 39–55.
- BERNARDES DE OLIVEIRA, M.E.C.; ROHN, R.; SOUZA, P.A.; RICARDI-BRANCO, F.; RÖSLER, O.; IANNUZZI, R. & ZAMPIROLI, A.P. 1999. Revision of Upper Paleozoic phytobiostratigraphy schemes in the northern portion of Paraná Basin, Brazil. In: INTERNATIONAL CONGRESS ON CARBONIFEROUS-PERMIAN, 14. Calgary, Abstracts, p. 12.
- BERNARDES DE OLIVEIRA, M. E. C.; RICARDI-BRANCO, F. S. T. & RÖSLER, O. 2000. As estruturas reprodutivas de glossopterídeas na sucessão das

FÓSSEIS DE PORTUGAL

Miguel Telles Antunes
Ausenda Cáceres Balbino

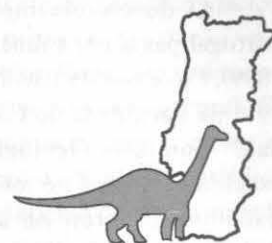
O recrudescimento do interesse público pela Paleontologia é óbvio em Portugal. Não obstante as suas limitadas dimensões, o país é rico de fósseis desde tempos que antecedem o início da Era Paleozóica. Jazidas do maior interesse ocorrem de Norte a Sul. São notáveis as de trilobites e outros fósseis do Ordovício de Valongo e Arouca, goniátites e vegetais do Carbonífero, dinossauros da Lourinhã, vertebrados miocénicos de Lisboa, fauna marinha e terrestre associada a um dos últimos homens de Neanderthal da Gruta da Figueira Brava ... além de muitos outros casos.

A recolha de fósseis tem sido efectuada há muito, desde a Pré-história. Por razões talvez relacionadas com rituais ou magia, dentes de tubarões miocénicos foram colhidos desde o Neolítico final, ca. de 3500 BP e depositados em necrópoles. Alguns evidenciam corte e polimento.

O conhecimento deve ter-se desenvolvido a partir do século XVII, através da acção das Academias que foram surgindo e de "Gabinetes" - colecções privadas ou de Instituições, incluindo o do rei D. João V, no Paço da Ribeira, em Lisboa, destruído aquando do megassismo de 1 de Novembro de 1755. Os primeiros escritos que conhecemos devem-se a Teodoro de Almeida (1722-1804), Padre oratoriano - o autor aparentemente mais lido em Portugal em fins

do século XVIII e logo depois, através da monumental "Recreação Filozofica, ou Dialogo Sobre a Filozofia Natural para instrusão de pessoas curiosas, que não frequentáram as aulas". No vol. VI (1762) afirma "Eu tenho visto inumeraveis amejoas, berbigos, e outros mariscos convertidos em pedra, e em lugares de certaõ, e altos"... Primeiro, os jesuítas, depois outros: a elite altamente educada existente em Portugal foi forçada, na melhor hipótese, ao exílio pela férrea ditadura do Marquês de Pombal. Os trabalhos de Teodoro de Almeida sofreram. Voltariam, ele e outros, sob a égide benigna de D. Maria I, colaborando na fundação da Academia das Ciências de Lisboa.

Retornado a Portugal após mais de trinta anos na Cochinchina, onde vivia a exercer Medicina, o jesuíta João de Loureiro, sócio da Academia das Ciências, deu contributo notável. De lá trouxe caranguejos fósseis, intensamente explorados e exportados para a China, onde faziam parte da farmacopeia e eram aplicados no tratamento de muitas doenças. Loureiro é pioneiro da Paleontologia. Antes da obra clássica de Georges Cuvier, às vezes tida como ponto de partida, foi publicada (em 1799, pela A.C.L.) uma memória em que, a par das supostas virtudes curativas, se preocupa com a própria génese, ou seja, com a fossilização.



Há referências a fósseis em comunicações de José Bonifácio de Andrada e Silva, em particular ao descrever cortes em áreas ao Sul de Lisboa onde reactivou minas de ouro desactivadas desde a Idade Média (século XV).

Outras contribuições, nas primeiras décadas do séc. XIX, devem-se a britânicos, como Daniel Sharpe, ou ao alemão Wilhelm-Ludwig, Barão de Eschwege (1777-1855), que longamente actuou em Portugal e visitou o Brasil. É deste a Memória da Academia das Ciências publicada em 1831, com aditamentos de Alexandre Vandelli (1784-1859, o qual viria a falecer no Rio de Janeiro, para onde seguiu exilado após o triunfo do Liberalismo, em 1834); são figurados fósseis do Cretácico e vertebrados marinhos miocénicos.

O desenvolvimento da Paleontologia em Portugal passa por Francisco Pereira da Costa (1809-1889), Professor da Escola Politécnica (convertida em 1911 na Faculdade de Ciências de Lisboa) e membro da 2ª Comissão Geológica. Foi autor de memórias excelentes acerca de moluscos miocénicos, a par de trabalhos de interesse arqueológico. Outros se lhe seguiram - Joaquim Filipe Nery Delgado (1835-1908), cujo principal contributo diz respeito ao Paleozóico; Bernardino António Gomes, filho (1806-1877), médico e pioneiro da Paleobotânica; Paul Choffat (1849-1919), suíço cuja carreira decorreu em Portugal, autor de obra portentosa sobre o Mesozóico e suas faunas; Jorge Berkeley Cotter (1845-1919), animador do estudo do Miocénico, sobretudo o da área clássica de Lisboa; Wenceslau de Lima (1859-1919) que, além de Primeiro Ministro, foi Professor e investigador em Paleobotânica. Estes e uma pleiade de estrangeiros, na maioria franceses (Marquês de Saporta, Frédéric Roman, Perceval de Loriol e outros), deram origem a numerosas publicações, muitas suscitadas pelos Serviços Geológicos de Portugal, cuja actividade editorial foi notável. Destaca-se importante conjunto de memórias de qualidade, nada deixando a desejar relativamente às produções dos países mais evoluídos de então.

1908, morte de Delgado. 1919, mortes de Choffat, W. de Lima e Cotter. A retoma dos estudos paleontológicos, apenas com excepções menores, viria a surgir décadas depois, em boa parte graças ao patrocínio de João Carrington Simões da Costa (1891-1982), Professor da Universidade do Porto; e de Carlos Teixeira (1910-1982), Professor da Universidade de Lisboa, autor de obra copiosa, com realce para a Paleobotânica. A partir de 1937 houve reforço devido ao ingresso nos

Serviços Geológicos de Georges Zbyszewski (1909-1999), russo de origem, francês por naturalização e que, como Choffat, fez carreira ao serviço do Estado Português. Devem-se-lhe numerosas publicações versando a paleontologia do Meso-Cenozóico, vertebrados e moluscos em especial, entre outros temas.

Tem havido desenvolvimento do interesse pela Paleontologia, centrado nos Serviços Geológicos e, com peso crescente, em Universidades - Lisboa, Universidade Nova de Lisboa, Coimbra, Porto e Évora (lista não exaustiva).

No concernente a relações com o Brasil, são de realçar remessas de fósseis, incluindo nódulos com peixes do Ceará, para o Real Museu da Ajuda. Alguns "sobrevivem" na colecção da Academia das Ciências de Lisboa; devem ter sido remetidos aquando da grande expedição de Alexandre Rodrigues Ferreira, entre 1783 e 1792. Assim, terão sido colhidos muito antes das descobertas, às quais tem sido atribuída primazia, em tempo de Agassiz e outros. Alguns fósseis chegaram a ser "requisitados" para o Muséum national d'Histoire naturelle de Paris graças à situação de força criada pela ocupação francesa e ao demasiado zelo, senão cumplicidade, de Domingos Vandelli, Director do Museu da Ajuda. O assunto merece melhor estudo.

Muito depois, há que recordar a oferta, pela Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, de importante colecção de fósseis, minerais, rochas e espécimes arqueológicos de Portugal ao Museu Nacional do Rio de Janeiro. Resultou de iniciativa do antropólogo, Prof. António Augusto Mendes Corrêa (1888-1960), que esteve no Rio em Junho-Julho de 1934. A colecção, organizada por Carrington da Costa, aproveita, em parte, colheitas de António da Silva e Sousa Torres (1876-1958), Naturalista do Museu da Universidade do Porto (1912-1919) e, depois, do Museu da Universidade de Lisboa.

Geologia de Portugal

Portugal é constituído por um soco antigo (Mácio Hespérico), afectado por múltiplas fases do ciclo orogénico varisco, onde se encontram unidades sedimentares, metamórficas e de rochas ígneas, sobretudo granitos, de idade précâmbrica e paleozóica, bem como por unidades estratigráficas que foram preenchendo bacias sedimentares diferenciadas no Meso-Cenozóico (figura 9.1). No Alentejo está exposta uma série câmbrica que, em Vila Boim, permitiu a

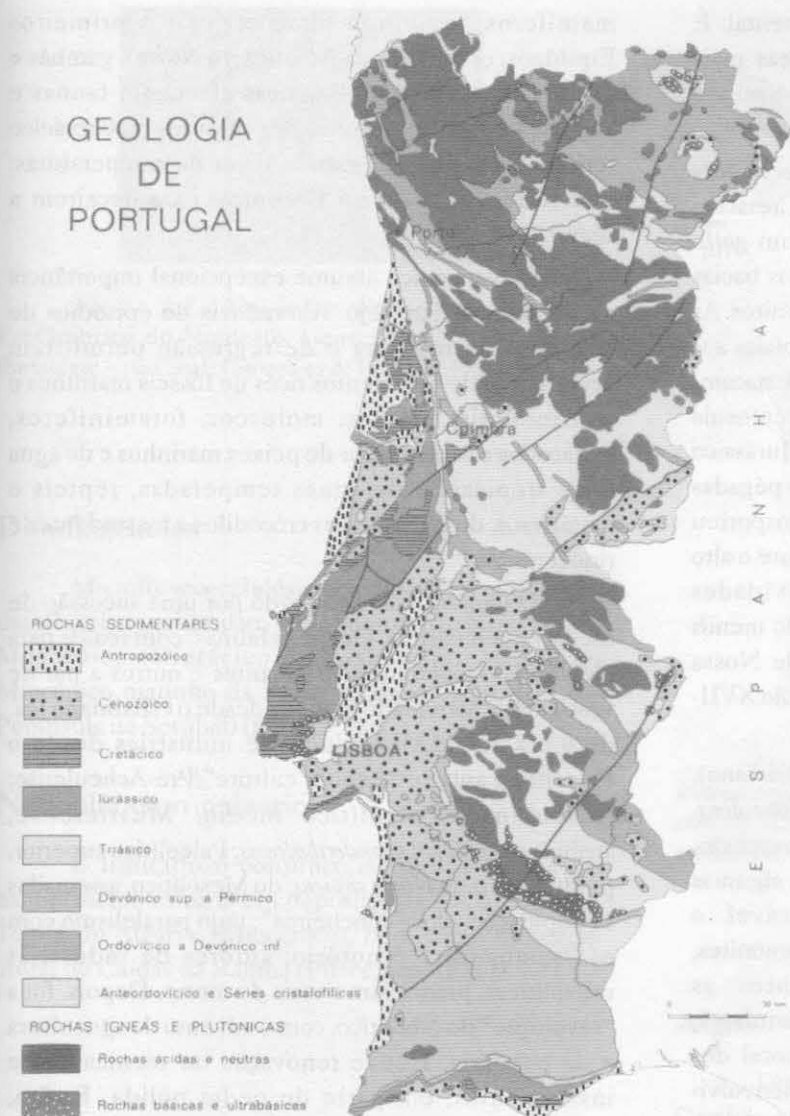


Figura 9.1 Mapa Geológico de Portugal, simplificado.

colheita de fauna variada do Câmbrio inferior, rica de trilobites.

Por outro lado, é ampla a repartição de sedimentos marinhos do Ordovícico. Em geral, começa por espessas assentadas de quartzitos com icnofósseis, como *Cruziana*; seguem-se unidades marinhas pelíticas com espectaculares faunas marinhas caracterizadas por numerosas e variadas trilobites, algumas de grande porte, braquiópodes, graptólitos (característicos, os *Didymograptus*), entre outros. Há empobrecimento no final deste período, talvez em relação com condições ambientais caracterizadas por regressão e vulcanismo.

No Silúrico, o predomínio de facies marinhas euxínicas, representadas por pelitos ricos de matéria orgânica – a par da quase total ausência de calcários – está relacionado com a proximidade de um dos polos e do Continente de Gondwana, um pouco a Sul. Estes contextos, caracterizados por temperaturas baixas, resultaram na escassez de diversos grupos de invertebrados, embora abundem formas pelágicas, com destaque para graptólitos.

Toda a área evoluiu em função dos deslocamentos das placas europeia e africana.

Intensamente fracturado, o Maciço Hespérico permitiu a instalação, no Paleozoico superior, de bacias sedimentares com enchimento continental. O Maciço começou a emergir: entre o Devónico superior e o Carbónico médio, o regime marinho apenas perdurou no Sul; depois, os mares mantiveram-se afastados até o Jurássico inferior.

É limitado o conhecimento da evolução geológica durante o Triásico. Verificou-se sedimentação continental em condições ambientais desérticas. No início do Jurássico assumiram relevância fenómenos de diapirismo e halocinese, que muito afectaram evaporitos depositados em lagunas.

No Jurássico inferior, talvez algo antes, começou uma evolução de primacial importância: a 1ª génese de um rifte, que corresponde a uma primeira abertura do Atlântico. Pode traduzir uma tendência para o desenvolvimento de oceanos orientados N-S, em contraste com mares como o de Tethys. Passou a haver importante deposição de sedimentos marinhos fossilíferos. Predominam margas e calcários, às vezes dolomitos.

A sedimentação marinha prevaleceu no Jurássico médio, com deposição de boa parte das rochas constituintes do Maciço calcário da Extremadura, com expansão de ampla plataforma calcária e colmatção da Bacia Lusitânica. Porém, as condições modificaram-se. Houve retoma da génese de rifte (Oxfordiano até o Cretácico inferior), acompanhada de diminuição das áreas sujeitas a sedimentação marinha. Com efeito, o

Jurássico superior é, em grande parte, continental. É conhecido internacionalmente como das áreas mais ricas de dinossauros e mamíferos, além de outros fósseis.

Prosseguiram, entretanto, actividades tectónicas enquadradas no ciclo orogénico alpino. No Cretácico inferior, o regime marinho só se manteve num golfo entre Sintra e Setúbal. Diferenciaram-se novas bacias com enchimento continental, sobretudo de arenitos. As condições gerais parecem ter sido menos propícias aos dinossauros, mas, ainda assim, há ocorrências. Destacam-se pistas nas imediações do Cabo Espichel (Península de Setúbal), mais recentes do que outras do Jurássico superior interpretadas pelos pescadores como pégadas da mula (= mua, em português arcaico) que transportou Nossa Senhora ou a Sua imagem desde o mar até o alto das arribas. Desta lenda resultaram actividades religiosas, incluindo peregrinações, desde pelo menos 1250, bem como a construção da Capela de Nossa Senhora da Mua (século XV) e o Santuário (século XVII-XVIII).

No início do Cretácico superior (Cenomaniano), verificou-se a maior das transgressões pós-paleozoicas. Os mares epicontinentais adquiriram enorme extensão, embora se mantivessem ilhas, entre as quais algumas áreas do Maciço Hespérico. Foi notável o desenvolvimento de bancos de rudistas, com amonites, gastrópodes e outros. Foram relevantes as consequências paleontológicas em meios marinhos e continentais, entre elas a extinção quase total dos grandes dinossauros, acompanhada pelo desenvolvimento de formas insulares de porte reduzido. A regressão subsequente resultou na restrição sucessiva da sedimentação marinha a um golfo na Beira Litoral. Houve emersão generalizada no final do Cretácico.

Durante o Cretácico terminal desenvolveram-se áreas húmidas semelhantes aos "Everglades" da Florida, ricas de peixes, tartarugas, crocodilos e dinossauros anões.

O final do Cretácico é assinalado por vulcanismo intenso mais a Sul (Lisboa-Mafra). Tufos vulcânicos dão pálida imagem de uma fauna de gastrópodes, de restos de plantas e de vertebrados continentais.

Durante o Paleogénico manteve-se regime continental, salvo na Plataforma, onde ocorrem calcários com *Nummulites*. O Eocénico basal revelou-se rico de mamíferos na área do Baixo Mondego. Há afinidades com a América: pela última vez, eram possíveis comunicações continentais, evidenciadas por

mamíferos, incluindo hircotérios (os primeiros Equídeos, originários da América do Norte), gambás e outros. Modificações climáticas afectaram faunas e vegetação: a partir de condições tropicais no Cretácico terminal, verificou-se grande baixa de temperaturas, que só recuperaram no Eocénico, para decaírem a seguir.

O Neogénico assume excepcional importância na Bacia do Baixo Tejo. Alternância de episódios de transgressão marinha e de regressão permitiram acumulação de sedimentos ricos de fósseis marinhos e continentais: plantas, moluscos, foraminíferos, ostracodos e outros, a par de peixes marinhos e de água doce tropicais e de águas temperadas, répteis e mamíferos, desde enormes crocodilos a mastodontes e rinocerontes.

O Quaternário é marcado por uma sucessão de oscilações climáticas. Ocorrem faunas, com realce para elefantes, rinocerontes, ruminantes e outros a par de vestígios de actividade humana desde o Calabrian (ca. de 0,6 a 1,8 MA). Incluem-se indústrias desde o Paleolítico antigo: "Pebble culture"/Pré-Acheulense; Acheulense; Paleolítico médio/ Mustierense, atribuíveis a *Homo neanderthalensis*; Paleolítico superior, produzidas pelo *Homo sapiens*; do Mesolítico, associadas às populações dos "concheiros", cujo paralelismo com os "sambaquis" é notório; autores de indústrias microlíticas, praticavam rituais de morte. Depois, foi a "revolução" do Neolítico, com o advento da agricultura e da pecuária. Houve renovação de técnicas e de instrumentos, em parte de pedra polida. Enfim, sucedem-se novas culturas.

Diversidade dos *Taxa*

Como se viu, Portugal é extremamente diversificado do ponto de vista geológico. Não surpreende que o seja no concernente à Paleontologia. Estão representados muitos taxa, do Precâmbrico ao Quaternário.

Acrítarcas

Terrenos precâmbrios da Série Negra (quartzitos negros) do Nordeste do Alentejo revelaram fósseis de invólucro orgânico atribuíveis a acritarcas, semelhantes a *Eomicrohystridium*. Há acritarcas no Devónico do Alentejo (figura 9.2).

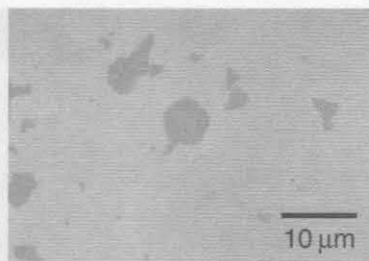


Figura 9.2 Acritarcas: *Eomichrystridium?* sp. Pré-câmbrico do Nordeste Alentejano (NE estação de Portalegre – rio Caia) (Gonçalves & Palacios, 1984).

Dinoflagelados

Microfósseis celulósicos têm sido recolhidos; os dinoflagelados abundam e são muito diversificados no Mesozóico (Cretácico de Lisboa, por ex.) e no Miocénico marinho da Bacia do Baixo Tejo (Lisboa-Península de Setúbal) (figura 9.3).

Nanoplâncton calcário

É limitado o conjunto de dados acerca do nanoplâncton calcário em depósitos da Bacia do Baixo Tejo e do Algarve (Miocénico), bem como da região litoral de Caldas da Raínha (Pliocénico) (figura 9.4).

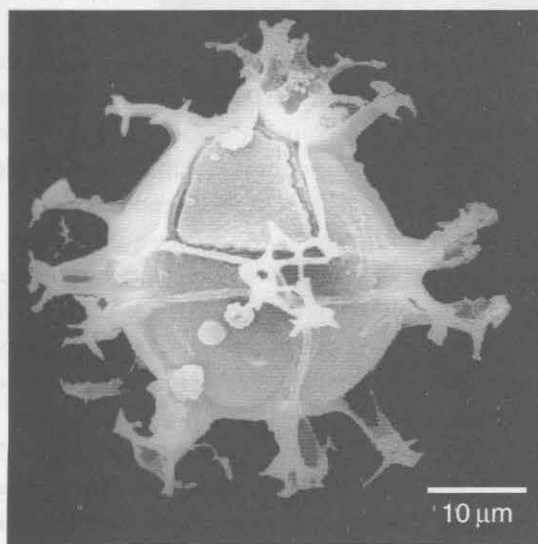


Figura 9.3 Dinoflagelados: *Hystrichosphaeropsis obscura*. Serravaliano, sondagem de Belverde (segundo J. Pais).

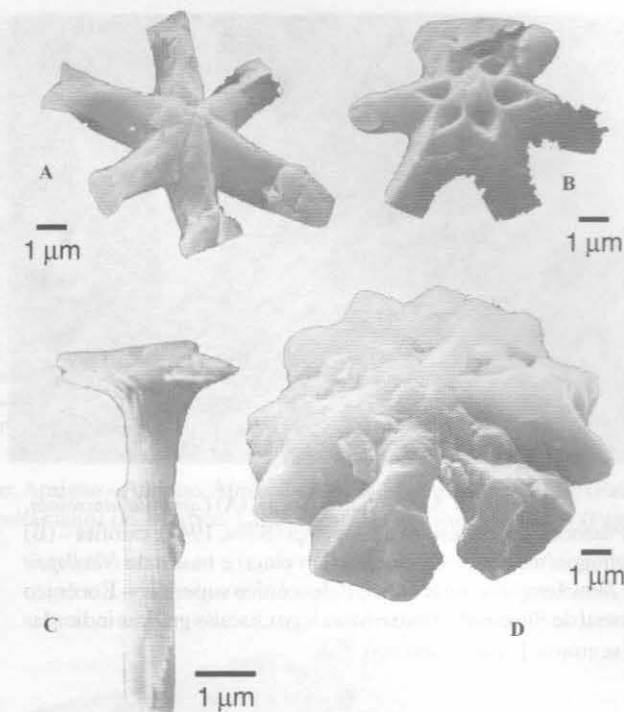


Figura 9.4 Nanoplâncton calcário: (A) *Discoaster molengraaffi*. (B) *Discoaster adamanteus*. (C) *Rhabdosphaera claviger*. (D) *Discoaster deflandrei*. Miocénico da plataforma continental ao largo da Península Ibérica (Fonseca, 1978).

Algas

Têm sido descritas Dasycladáceas jurássicas e do Cretácico. Rodófitas atribuíveis a *Lithothamnium* e outros géneros são comuns no Neogénico marinho; constituem parte importante de calcários, alguns com expressão na geomorfologia de Lisboa, pois são o substrato de colinas. Foram registadas ocorrências de diatomáceas, em diatomitos que foram explorados (Pliocénico de Rio Maior) (figura 9.5 A). Por outro lado, girogonitos de carófitas têm considerável interesse, até cronostratigráfico; exemplo, os de *Tectochara* do Paleocénico superior? - Eocénico basal de Silveirinha, no Baixo Mondego, e do Miocénico continental do Ribatejo (figura 9.5 B).

Pólen e esporos

Estudos palinológicos têm vindo a dar excelentes resultados. Destacaremos os do Paleozóico superior do Sul de Portugal, de níveis mesozóicos do Triásico ao Cretácico, e do Neogénico à Actualidade. Ilustram a

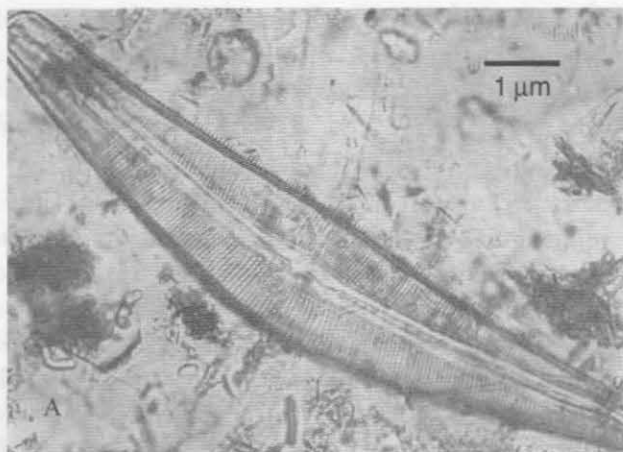
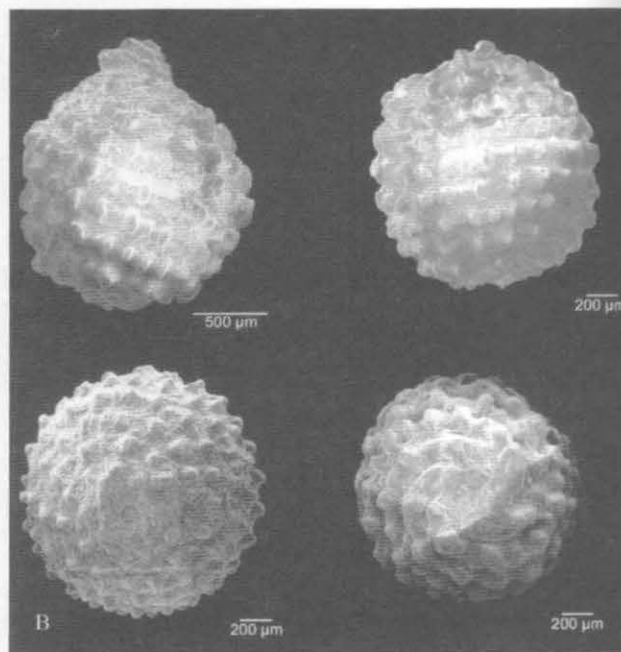


Figura 9.5 Algas: diatomácea – (A) *Cymbella lanceolata*, Plistocénico, diatomito de Alpiarça (Silva, 1947); carófitas – (B) girogonitos em vistas laterais (em cima) e basais de *Nitellopsis* (*Tectochara*) *dutemplei minor*, Paleocénico superior? – Eocénico basal de Silveirinha (Baixo Mondego), escalas gráficas indicadas (segundo J. Pais, inéditas).



importância das alterações climáticas que se foram sucedendo. Figuramos pólenes (figura 9.6 A, B) e esporos (figura 9.7 A, B e C).

Macrorrestos vegetais

O que sabemos dos mais antigos vegetais terrestres: impressões do Devónico de Barrancos

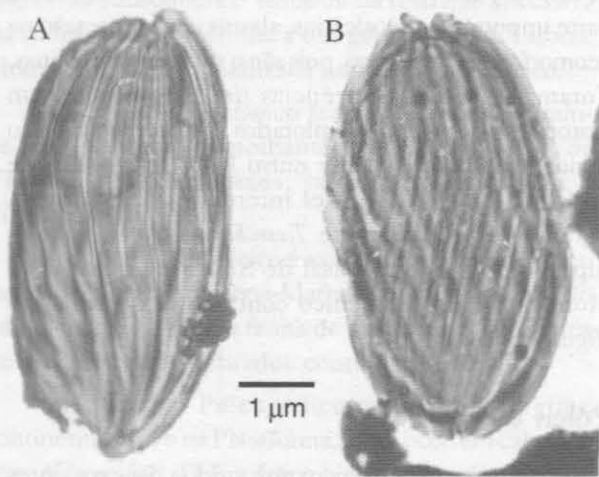


Figura 9.6 Pólenes: (A) *Ephedripites* sp. (B) *Equisetopterites virginiaensis*, Aptiano – Albiano, Almas do Juncal (Montemor-o-Velho) (Pais & Trincão, 1983).

(Alentejo) foram atribuídas a Psilofitíneas, o que não foi confirmado. Vegetais carreados aparecem em depósitos marinhos do Carbonífero inferior do Baixo Alentejo e Algarve. Associações ricas foram detectadas em formações continentais, em parte correspondentes a antigas minas de carvão: - Vestefaliano de Moinho de Ordem, no Alentejo; - Vestefaliano, numa faixa desde Póvoa de Varzim até a região do Porto; - Estefaniano, em S. Pedro da Cova (figura 9.8 A) e Pejão, a Leste do Porto (Lemos de Sousa & Wagner, 1983); enfim, Estefaniano terminal do Buçaco (Wagner, Lemos de Sousa & Gomes da Silva, 1983). A flora mesozóica é muito rica. Além de restos triásicos, abundam vegetais, sobretudo, no Jurássico superior (figura 9.8 B) e em níveis cretácicos, até os que pouco antecedem a crise K-T. Além de restos foliares, há troncos silicificados como os de *Araucarioxylon*, de grandes dimensões; um serviu de pelourinho na vila de Pederneira, perto de Nazaré. Elementos da flora dos últimos tempos do Cretácico estão representados na Bacia da Lousã (a E de Coimbra) (figura 9.8 C) e na região de Aveiro. Elementos em comum estão presentes no Complexo vulcânico de Lisboa-Mafra. Enfim, há vegetais terciários. No Eocénico superior de Naia (Tondela, Beira Alta) ocorrem troncos incarbonizados de fetos arbóreos e coníferas, muito radioactivos por fixarem compostos uraníferos comuns na região. Porém, o máximo de riqueza de macrorrestos é proporcionado pelo Miocénico da Bacia

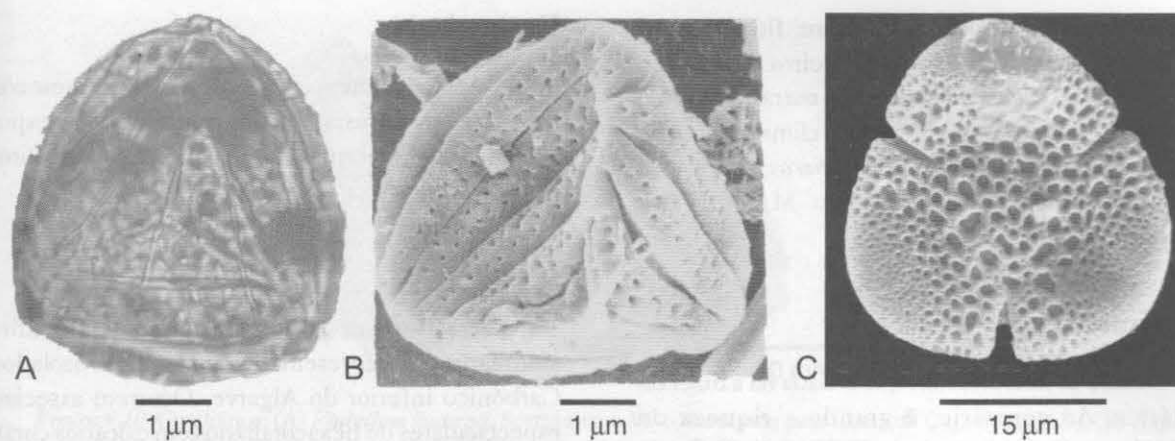


Figura 9.7 Esporos: (A) e (B) *Costatoperforosporites foccolatus*, Aptiano – Albiano, Almas do Juncal (Montemor-o-Velho) (Pais & Trincão, 1983). (C) *Bombacacidites* sp., Miocénico inferior (Aquitano) de Benfica, Lisboa, escalas gráficas indicadas (Pais, 1981).

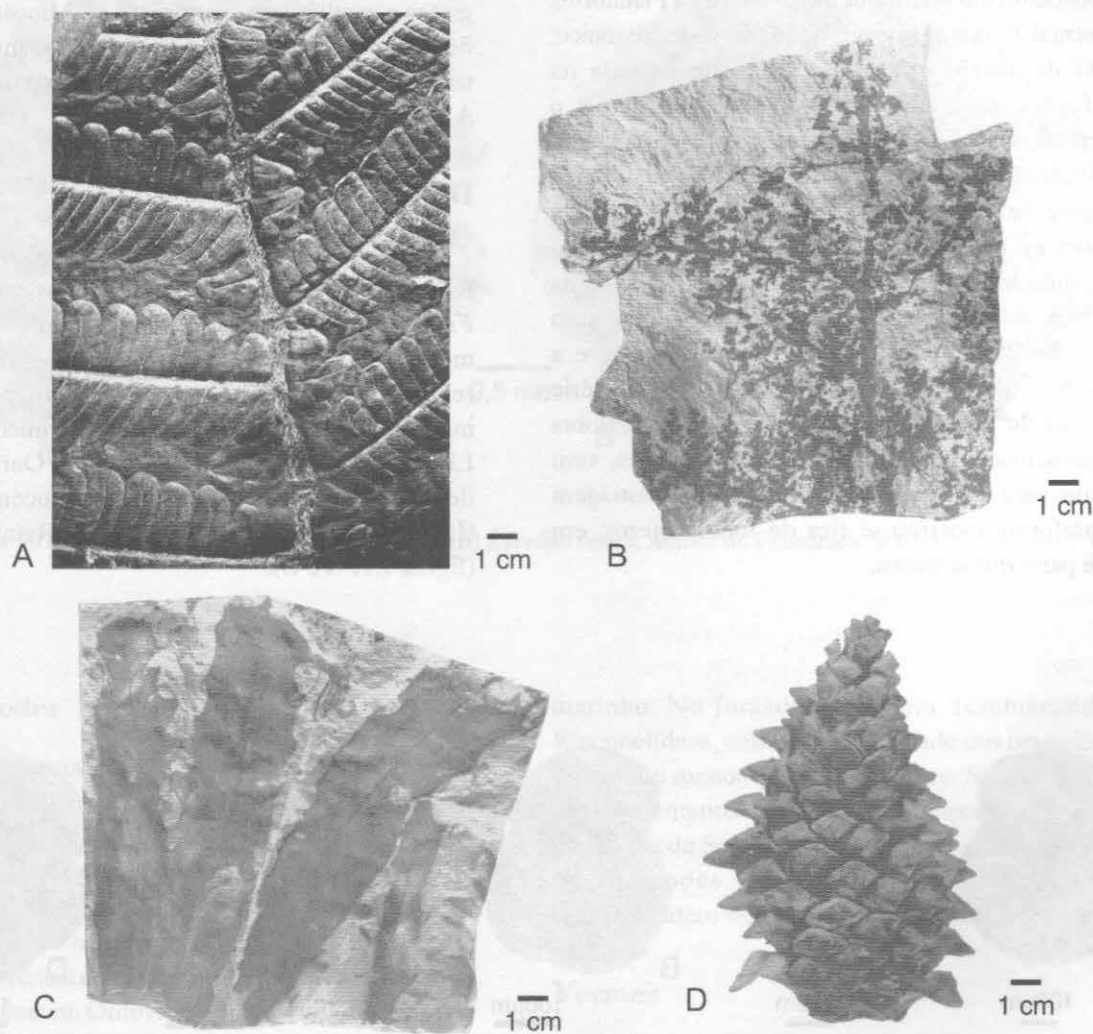


Figura 9.8 Macrorrestos vegetais: (A) *Callipteridium gigas*, Estefaniano de São Pedro da Cova (Porto) (Teixeira, 1951). (B) *Cupressinocladus micromerum*, Oxfordiano, Cabo Mondego (Pais, 1998). (C) *Dewalquea lusitana*, Cretácico superior, Buçaco (Teixeira, 1950). (D) pinha de *Pinus* sp., Plio-Plistocénico de Rio Maior (segundo J. Pais, inédito).

do Baixo Tejo. No Miocénico inferior, flora tropical inclui Bombacáceas, como os imbondeiros africanos, e o pau-de-canela/ *Cinnamomum*, entre outras. Passa-se, mais tarde, a associações miocénicas de clima temperado quente. Grandes troncos de *Juniperoxylon* foram explorados como lignito em Rio Maior (Pliocénico) (figura 9.8 D).

Foraminíferos

Dentre os microfósseis, quase nada há a dizer de radiolários. Ao contrário, é grande a riqueza de foraminíferos. Os mais antigos são Fusulinídeos do Carbonífero inferior do Algarve. Abundam no Jurássico e no Cretácico; dentre os do Cretácico, são de destacar Paleorbitolinas e Alveolinídeos. Tem progredido o conhecimento dos foraminíferos, *in shore* e na Plataforma continental. Pouco há que referir quanto ao Paleogénico; não há depósitos emersos, ainda que os haja na Plataforma, com *Nummulites*. O Neogénico e o Quaternário são ricos de foraminíferos, bentónicos (figura 9.9 A) e planctónicos (figura 9.9 B, C e D). No Miocénico, passou-se de associações tropicais com *Miogyssina* e Heterosteginídeos, correspondendo a pequenas profundidades e águas quentes (como no Golfo da Guiné), a outras, indicativas de níveis térmicos mais baixos devidos a aumentos de profundidade e a decréscimos de temperatura. Por outro lado, na série miocénica de Lisboa ocorrem níveis de fácies salobra com numerosos indivíduos de poucas espécies, com destaque para o clássico *Streblites beccarii*. Amostragem na Plataforma mostrou-se rica de foraminíferos, em grande parte quaternários.

Espongiários

Aparte referências a representantes mesozóicos, importa recordar espongiários (entre os quais esponjas siliciosas em biohermas) do Jurássico e espongolitos no Miocénico do Algarve.

Coraliários

Escasseiam os coraliários paleozóicos, ahermatípicos, representados por pólipos isolados no Carbónico inferior do Algarve. Ocorrem associações espectaculares de hexacoriários em calcários corálicos do Jurássico, que têm sido explorados (Vila Franca de Xira, por ex.). Pouco há a respeito de coraliários cretácicos. Os últimos de que há registo provêm do Miocénico: o derradeiro recife-barreira constituiu-se graças a coraliários hermatípicos no Miocénico inferior de Lisboa-Península de Setúbal, enquanto que mais tarde predominam coraliários ahermatípicos (figura 9.10 A e B).

Briozoários

Os mais antigos são do Devónico inferior de Rates (Póvoa de Varzim), que deu bons exemplares de *Fenestella*. Faltam estudos acerca de briozoários mesozóicos. Abundam no Neogénico. É de destacar o recife, em grande parte constituído por colónias incrustantes de briozoários, que a Municipalidade de Lisboa protegeu no Bairro de Campo de Ourique. Outros depósitos ricos datam do fim do Miocénico inferior (Lisboa) e do Pliocénico de Caldas da Rainha a Pombal (figura 9.11 A e B).

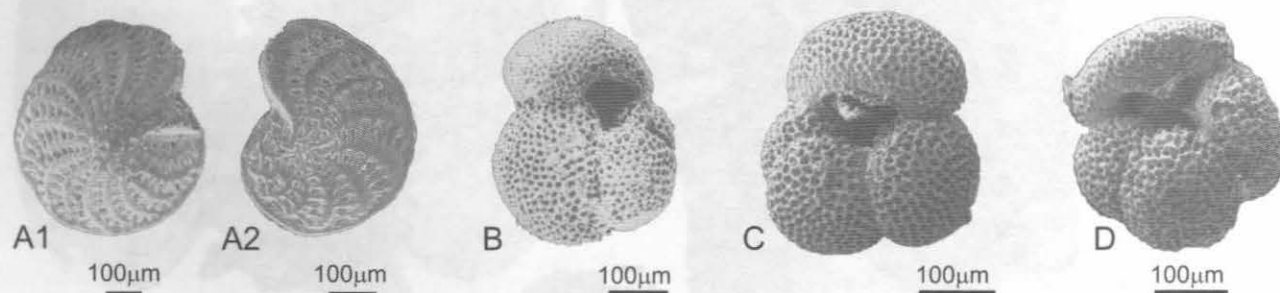


Figura 9.9 Foraminíferos bentónicos: (A1 e A2) *Elphidium*, Bacia do Baixo Tejo (Lisboa- Península de Setúbal, em numerosas localidades). Foraminíferos planctónicos: (B) *Globigerinoides sacculifer*. (C) *Globoquadrina baroemouensis*. (D) *Globoquadrina dehiscens*. Bacia do Baixo Tejo (Lisboa- Península de Setúbal, em numerosas localidades) (Legoinha, 2001).

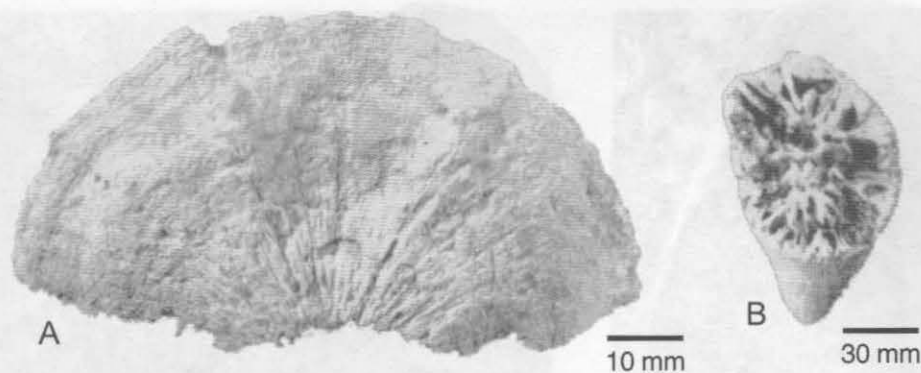


Figura 9.10 Coraliários: (A) *Flabellum basteroti*. Serravaliano VI-c, via rápida para Costa de Caparica (km 5). (B) *Eupsammia cylindrica*. Serravaliano VI-a, via rápida para Costa de Caparica (Antunes & Chevalier, 1971).

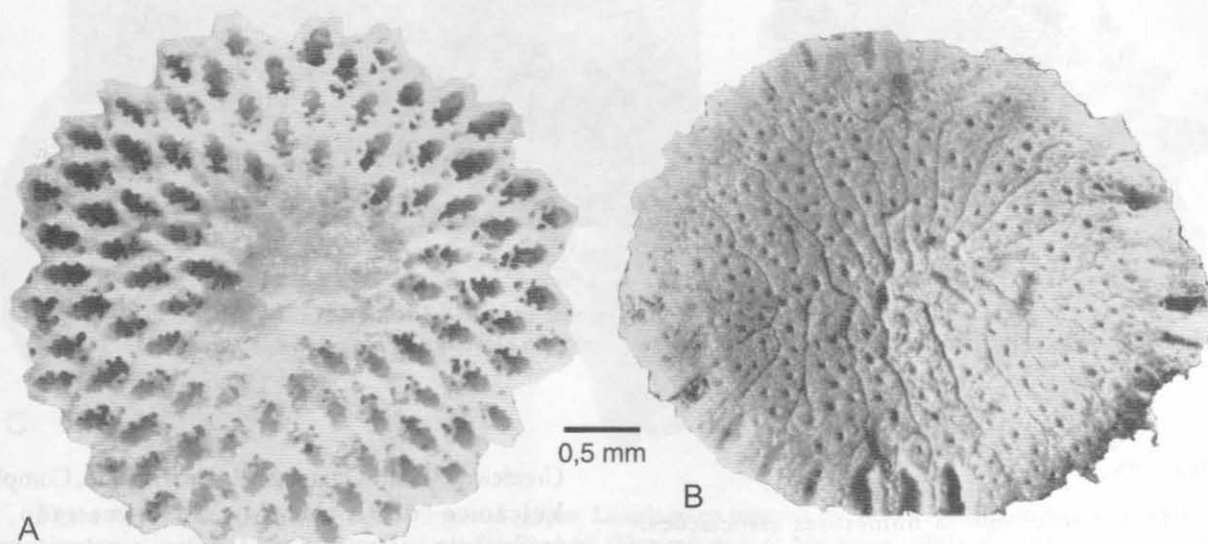


Figura 9.11 Briozoários: (A) *Cupuladria haidingeri*. (B) *Lunulites conica*. Ambos do Pliocénico de Carnide (Pombal) (Carvalho, 1971).

Braquiópodes

Os primeiros datam de fins do Câmbrio inferior (Vila Boim, Alentejo). Grandes lingulídeos (*Lingulella major* Teix.) foram colhidos no "Complexo xisto-grauvácico" ante-ordovícico, no Marão, Norte de Portugal (figura 9.12 A); foram considerados precâmbrios, mas não é de excluir idade câmbria, como mostra a ocorrência de trilobites não longe. Outros, como *Orthis*, abundam no Ordovícico médio (Landeiliano) de Valongo (a E do Porto), Buçaco e outros locais. Maior abundância e diversificação, com realce para os Espiriferídeos, verifica-se no Devónico inferior (figura 9.12 B) e médio. Pouco há quanto ao Carbonífero

marinho. No Jurássico abundam Terebratulídeos e Rinconelídeos, embora a diversidade dos braquiópodes seja muito menor que no Paleozóico. São muito menos os representantes cretácicos. No Miocénico de Lisboa/ Península de Setúbal há raríssimos lingulídeos e outros braquiópodes. Foi verificada a presença de terebratulídeos no Pliocénico de Caldas da Rainha.

Vermes

Há rastros atribuíveis a vermes no Paleozóico do Alentejo, bem como estruturas em rochas sedimentares meso-cenozóicas e tubulações calcárias atribuíveis a Serpulídeos, sobretudo no Miocénico.

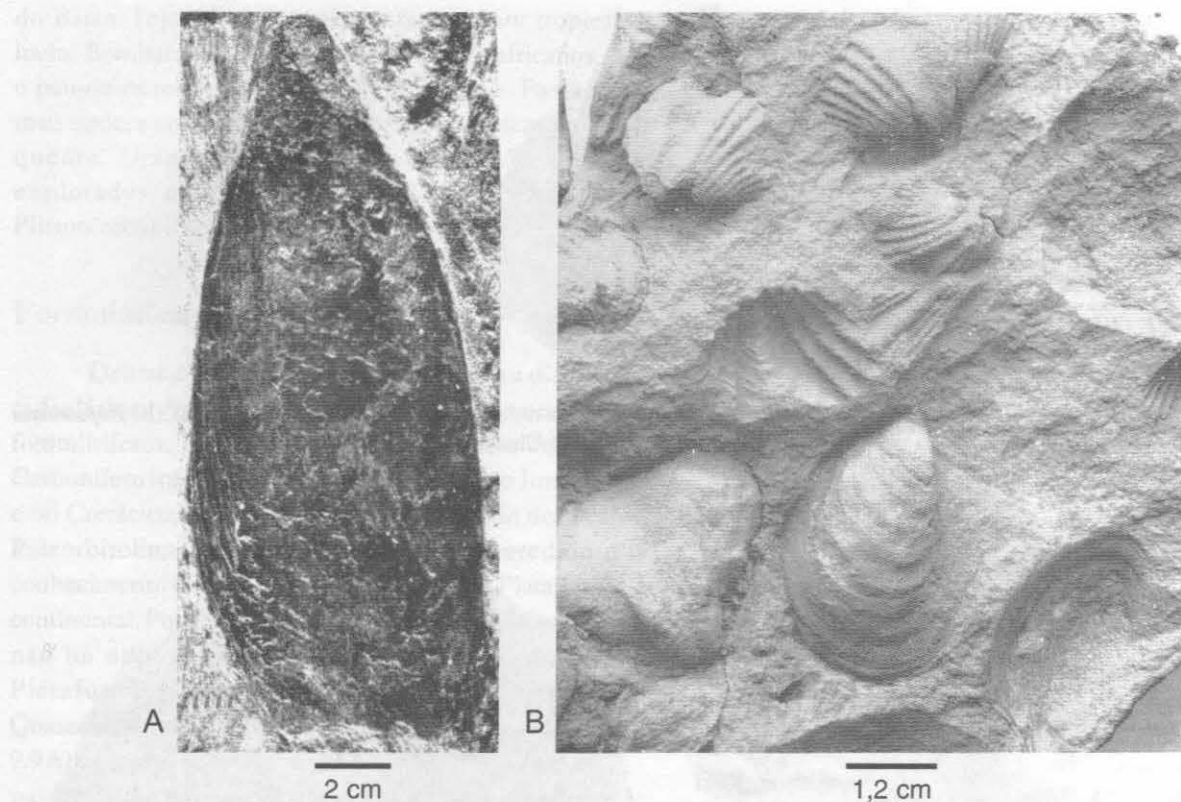


Figura 9.12 Braquiópodes: (A) *Lingulella major*, Formações ante-ordovícicas do Marão (Teixeira, Ribeiro & Silva, 1964). (B) *Hysterolites hystericus*, *Brachispirifer rousseaui* e *Athyris* cf. *globula*, todos do Devónico inferior de Dornes (Perdigão, 1979).

Moluscos

O registo comporta numerosas associações. Ocorrem bivalves arcaicos no Câmbrio inferior de Vila Boim. No Paleozóico, há ocorrências características de lamelibrânquios, como *Posidonia*, em níveis do Carbonífero inferior marinho, e de *Anthracomya* no Carbonífero superior continental. Há que referir, pelo interesse estratigráfico, cefalópodes: Ortoceratídeos (a partir do Ordovícico) e Amonóides – com uma espectacular sucessão de associações de Climénias (Devónico superior) e de Goniátites no Carbonífero marinho do Sul do País.

As faunas mesozóicas foram estudadas por Choffat, R. Mouterde, R. Rocha e outros. São ricas de lamelibrânquios (figura 9.13 A), gastrópodes e cefalópodes. Além de *Belemnites* e náutilos, abundam amonites, que permitiram estabelecer uma zonação fina do Jurássico e Cretácico. Há variadíssimas amonites no Jurássico inferior (figura 9.13 B), com menos ocorrências e menor variedade a partir daí; escassas no Cretácico (figura 9.13 C), ocorrem até quase final do período (*Hoplitoplacenticeras*, Campaniano superior). O final do

Cretácico (Maastrichtiano de Aveiro-Taveiro, Complexo Vulcânico de Lisboa-Mafra) é marcado por lamelibrânquios de água salobra ou doce, e por interessantes associações de gastrópodes em tufos vulcânicos.

Pouco há a referir acerca do Paleogénico; estão representados gastrópodes de água doce ou terrestres, e raríssimos lamelibrânquios. As faunas miocénicas marinhas destacam-se pela riqueza (há também representantes não marinhos); têm sido descritas por pioneiros da Paleontologia portuguesa como F. Pereira da Costa (figura 9.13 D) e Jorge Berkeley Cotter e outros. As do Miocénico de Lisboa-Península de Setúbal e do Miocénico terminal de Cacela (Algarve) são ricas de gastrópodes e lamelibrânquios, enquanto os cefalópodes apenas estão representados comumente por peças mandibulares de decápodes e octópodes; é curiosa a ocorrência dos últimos náutilos (*Aturia aturi*), raríssimos, no Miocénico inferior. Há faunas malacológicas oligohalinas e dulçaquícolas (lacustres e fluviais) no Miocénico; e algumas faunas pliocénicas e quaternárias.

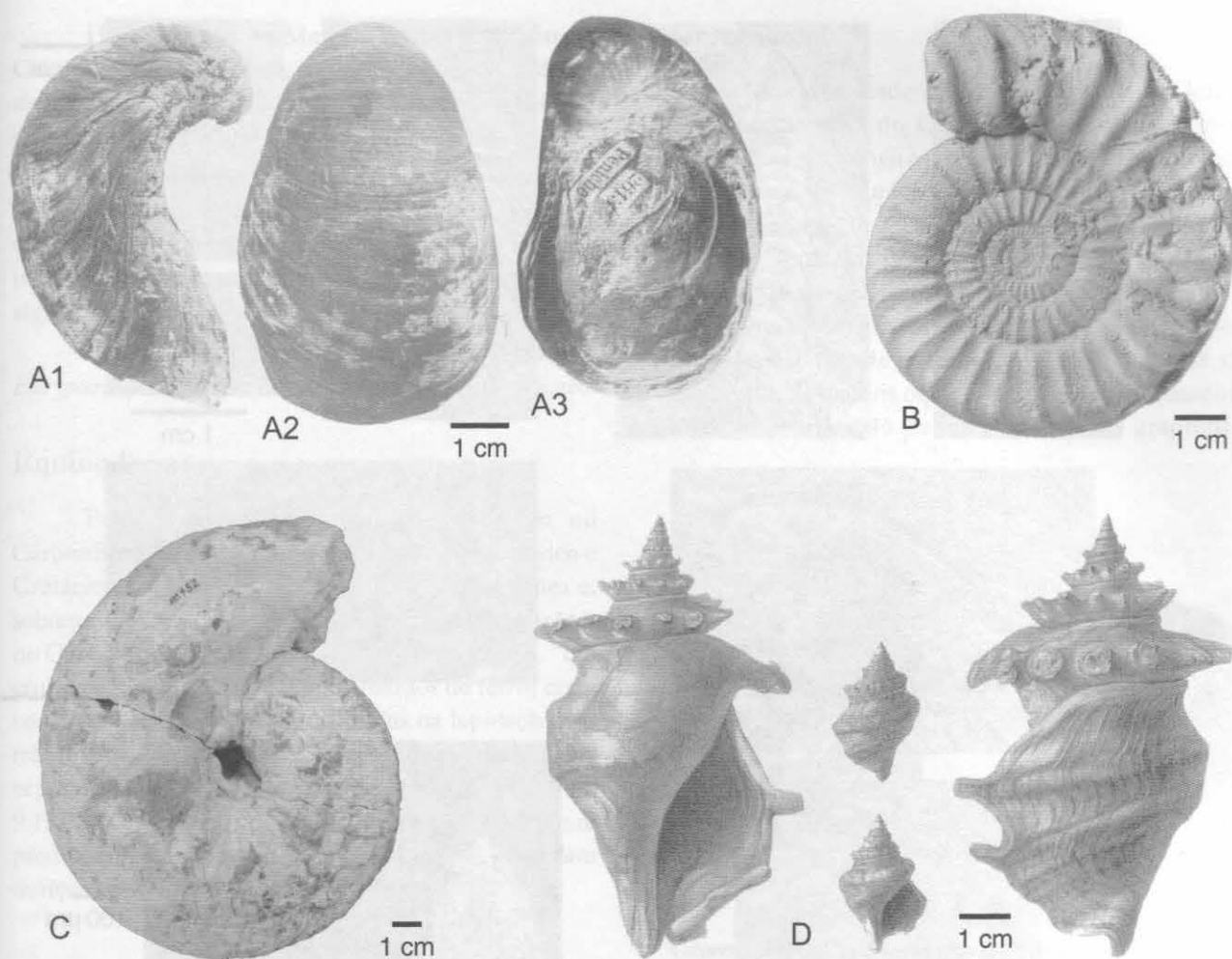


Figura 9.13 Moluscos: A1, A2 e A3 - *Gryphaea obliqua*, Lotaringiano superior de Anadia (Mouterde & Rocha, 1981). (B) *Acanthopleuroceras lepidum*, Liásico/ Carixiano médio, Peniche (Dommergues & Mouterde, 1981). (C) *Neolobites vibrayanus*. Cenomaniano superior do Baixo Mondego; amonite com sutura muito simples, de tipo goniatítico (Callapez, 1998). (D) *Pereiraia gervaisi*, Serravaliano, Margueira (Cova da Piedade, Almada), jovem e adulto (Pereira da Costa, 1867).

Artrópodes (s.l.)

As trilobites ocorrem em Portugal desde o Câmbrio, no Georgiano superior de Vila Boim (figura 9.14 A). Houve descobertas de trilobites câmbrios em Trás-os-Montes, nas assentadas superiores do Complexo Xisto-grauváquico ante-Ordovícico. Porém, as ocorrências mais ricas são ordovícicas, desde o Ordovícico inferior (quartzitos armoricanos com pistas do tipo *Cruziana* e outros), ao médio – sobretudo Landeiliano. Trata-se de xistos com magníficos exemplares, encontrados em Valongo (figuras 9.14 B, C, D, E) em Arouca (onde foi organizado um Museu monográfico onde, entre outras, estão representadas

formas gigantes) e no Buçaco, além de outros sítios. Poucas há do Ordovícico superior e Silúrico; a proximidade do Continente de Gondwana e do polo podem ter contribuído para a rarefacção das trilobites. O Devónico inferior é rico. Poucos restos ocorrem no Devónico médio e superior. Rareiam restos dos últimos grupos de trilobites no Carbonífero do Sul de Portugal.

O estudo dos ostracodos é desigual. Conhecem-se formas do Ordovícico, por ex. *Beyrichia*; vão sendo melhor conhecidas associações do Jurássico, Cretácico e do Miocénico (figura 9.14 F).

Os conchostráceos estão menos representados. Alguns ocorrem no Carbonífero superior e no Triásico.

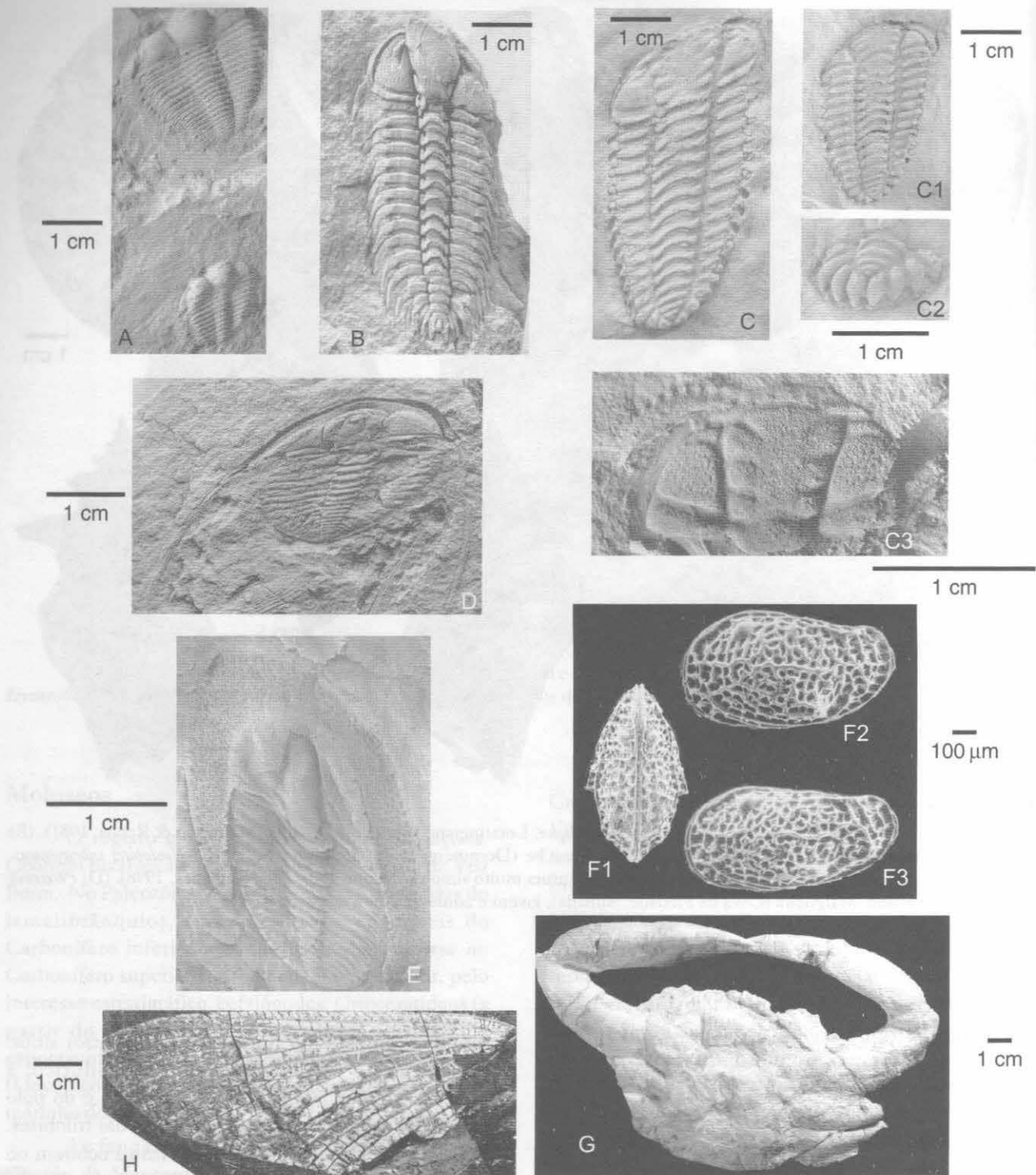


Figura 9.14 Artrópodes: (A) *Hicksia elvensis*, Câmbrio inferior (Georgiano) de Vila Boim (Teixeira, 1952). (B) *Actinopeltis (Valongia) wattisoni*. (C) *Placoparia tournemini*: (C1) molde interno; (C2) molde interno do pigídio; (C3) molde externo do cefalão. (D) *Dionide formosa*, molde interno (Curtis, 1961). (E) *Eoharpes cristatus*, molde externo; (B) a (E), Ordovícico de Valongo (Tauber & Reis, 1994). Ostracodos: (F) *Loxoconcha (Sagmatocythere) bonaducea*, carapaças: (F 1), vista dorsal, fêmea; (F 2), valva esquerda de fêmea, vista lateral externa; (F 3), valva esquerda de macho, vista lateral externa; Aquitaniano, Avenida 5 de Outubro, Lisboa (Nascimento, 1978). Crustáceo decápode: (G) *Achelous delgadoi*. Aquitaniano, Igreja do Santo Condestável (Campo de Ourique, Lisboa) (Antunes, 1959). Insetos: (H) *Lusiella fariai*, impressão negativa da asa direita; Xistos negros do Pejão, Carbonífero continental (Laurentiaux & Teixeira, 1958).

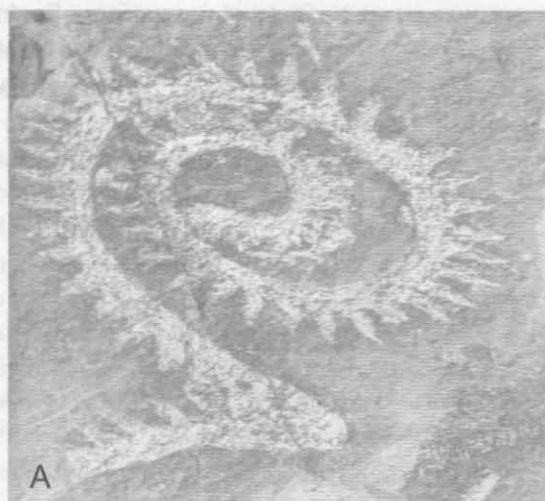
Há crustáceos no Mesozóico, em particular no Cretácico, e no Miocénico, com faunas variadas. *Achelous delgadoi* é espécie característica do Miocénico inferior de Lisboa (figura 9.14 G).

Quanto aos insectos, registem-se ocorrências no Neogénico e, com relevância, no Carbonífero do Norte de Portugal (Peirão, S. Pedro da Cova e Valdeão), incluindo várias formas (figura 9.14 H), entre as quais alguns blatídeos.

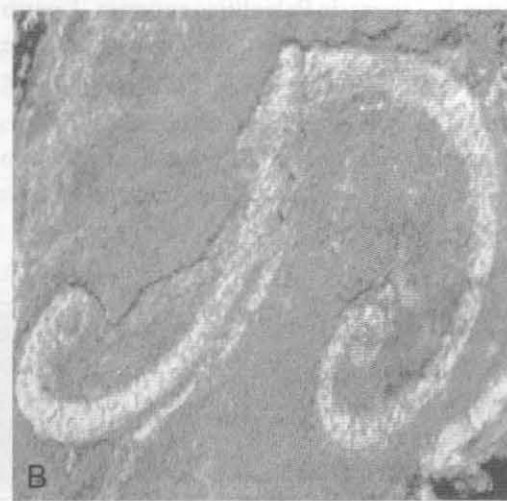
Enfim, foi registado um giganteostráceo, *Eurypterus douvillei*, no Estefaniano superior do Buçaco.

Equinodermes

Peças isoladas de crinoides ocorrem no Carbonífero inferior do Sul de Portugal. No Jurássico e Cretácico há que destacar faunas ricas de crinoides e, sobretudo, de ouriços, entre os quais *Hemiaster*, frequentes no Cenomaniano da região de Lisboa; tais fósseis, “em cruz e com manchas de sangue” [óxidos de ferro] eram considerados como pedras utilizadas na lapidação dos três jovens, os Santos Mártires de Lisboa - ocorrência, segundo antiga lenda, verificada no século IV (figura 9.15). São de registar memórias de qualidade excelente produzidas em fins do séc. XIX por P. de Loriol. Abundam ouriços no Miocénico.



1 cm



1 cm

Figura 9.16 Graptólitos: (A) *Oktavites spiralis*, Biozona de *Oktavites spiralis*, e (B) *Testograptus testis*, Biozona de *Cyrtograptus lundgreni*; Silúrico, Barrancos (segundo M. Piçarra, inéditos).

Graptólitos

Ocorrem desde o Ordovícico inferior. Género dos mais típicos do Ordovícico é *Didymograptus*, frequente em Valongo e no Buçaco, também encontrado no Alentejo. O Silúrico é rico de graptólitos, entre os quais *Monograptus*, *Testograptus* e *Oktavites* (figuras 9.16 A e B). Ocorrem, fundamentalmente: - em rochas siliciosas (ftanitos), na forma de moldes reproduzindo a morfologia sem distorções; - em xistos argilosos, representativos de fácies euxínicas, às vezes tão carregados de matéria orgânica que foram, erradamente, alvo de prospecção de carvão, onde os graptólitos

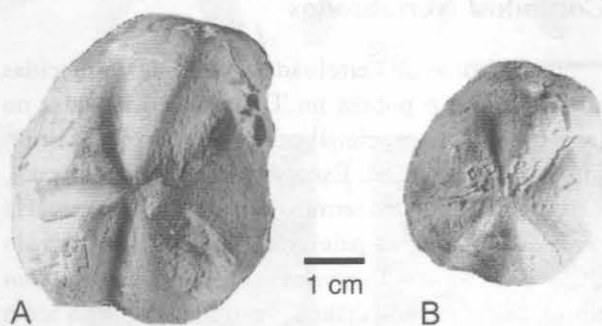


Figura 9.15 Equinodermes: (A e B) *Hemiaster scutiger*. Cenomaniano, Alcântara (Lisboa) (Antunes & Cunha, 1991).

conservam matéria original mas se apresentam esmagados. Proporcionam datação fina. Muito após os estudos fundamentais de Nery Delgado e de C. Romariz, foram caracterizadas associações do Devónico inferior, o que era excluído *a priori* já que se admitia a extinção, excepto a dos dendroides, no fim do Silúrico.

Cordados/Conodontocordados

As ocorrências mais relevantes, até pelo significado cronostratigráfico, são as de conodontes. No Alentejo, permitiram caracterizar o Devónico médio (figuras 9.17 A e B) e melhor datar outras unidades até o Carbonífero.

Cordados/ Vertebrados

As faunas de vertebrados, quase desconhecidas no Paleozóico e pobres no Triásico, são variadas no Jurássico e de excepção valia no Jurássico superior, como as da Lourinhã. Escassas no Cretácico inferior, são ricas no Cretácico terminal de Taveiro a Aveiro. Há diversas associações paleogénicas, excepção a do ?Paleocénico final - Eocénico basal de Silveirinha, com afinidades norte-americanas, seguindo-se outras até o Eocénico superior, contemporâneas do Ludiano de Montmartre (Bacia de Paris). Após um hiato correspondente ao Oligocénico, ocorrem vertebrados no Miocénico, a maioria na bacia do Tejo. Há faunas quaternárias até a última glaciação (Würm), contemporâneas do *Homo neanderthalensis* (Paleolítico médio) e dos *H. sapiens* do Paleolítico superior. A partir do Mesolítico, as associações são desprovidas de elefantes, rinocerontes, leão das cavernas, panteras, e

hienas, entre outras formas. A partir de então interessam sucessivas extinções: a do touro bravo ou auroque (*Bos primigenius*); e, em fins da Idade média, as do zebro (*Equus hydruntinus*), do veiro (termo medieval português, depois substituído por castor, introduzido por via erudita - *Castor fiber*) e do harda (termo medieval de origem berbere, substituído por esquilo - *Sciurus vulgaris*). A do husso ou urso pardo (*Ursus arctos*), verificou-se em 1650 e a da cabra do Gerês (*Capra pyrenaica lusitana*) em fins do século XIX.

Agnatas e peixes

Vertebrados inferiores provêm do Devónico basal de S. Félix (Póvoa de Varzim). Foram descritos por Priem (1910), mas não revistos. Prospecções em 1975 permitiram reencontrar as camadas fossilíferas, pelo que novos desenvolvimentos parecem possíveis.

Há peixes marinhos no Liásico, incluindo actinoptérgios, em S. Pedro de Muel (figura 9.18 A). São variadas as associações de peixes do Jurássico superior e do Cretácico inferior onde, a par de seláceos, aparecem actinoptérgios, com predomínio de holósteos. Estes são parte menor das faunas do Cenomaniano, quando se verifica acréscimo de actinoptérgios mais avançados. Escasseiam dados quanto a outros peixes. No Cretácico terminal é de destacar a fauna de água doce ou algo salobra da Beira Litoral (Aveiro-Taveiro), área que lembrava os "Everglades" da Florida. Afinidades "americanas" são evidentes, como a presença de *Amia* e de holósteos semelhantes ao "alligator gar" (*Atractosteus*). No ?Paleocénico superior - Eocénico basal de Silveirinha há percomorfos de água doce. No Miocénico de Lisboa - Península de Setúbal, ocorrem faunas

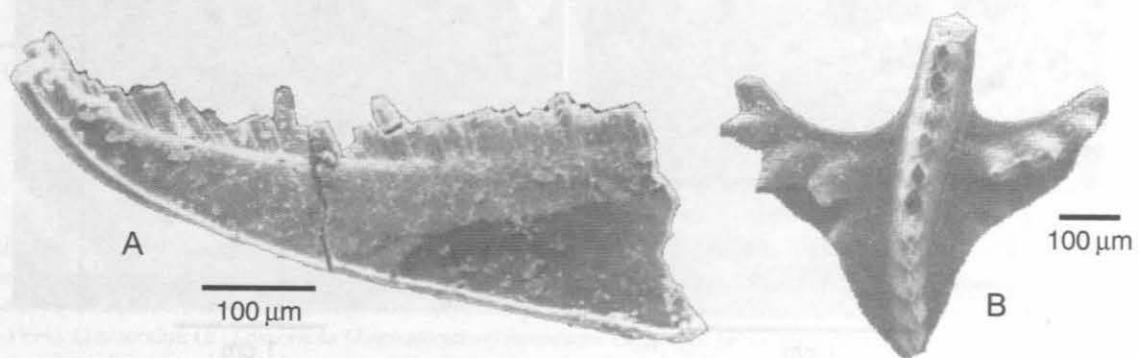


Figura 9.17 Cordados/Conodontocordados: (A) *Belodella resima* e (B) *Ancyrodella nodosa*. Proximidades da estação de Cabrela (Vendas Novas) (Boogard, 1983).

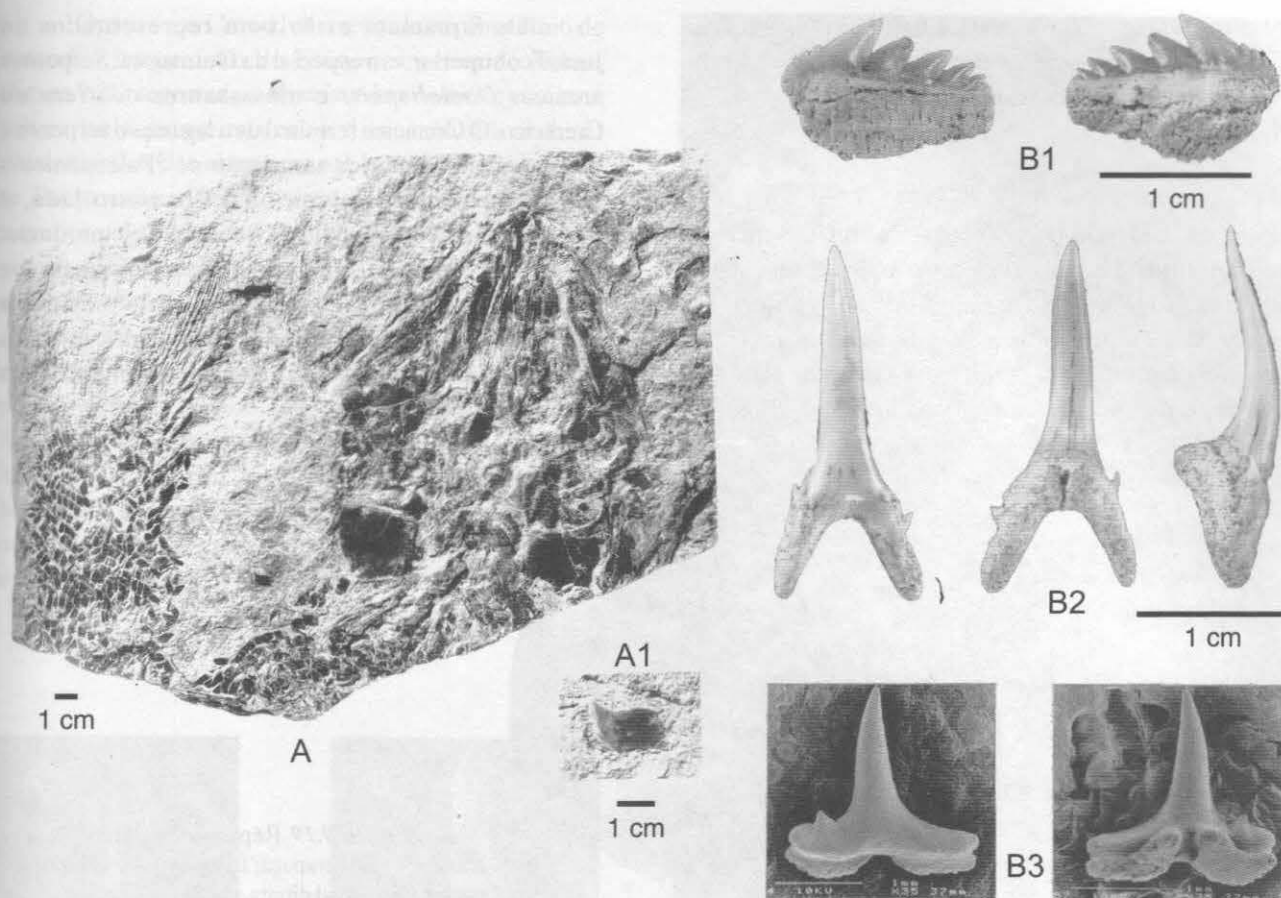


Figura 9.18 Peixes: (A) *Furo* cf. *orthostomus*; (A1) escama da região anterior do tronco, Liásico inferior de S. Pedro de Muel (Antunes & Wenz, 1981); (B) Seláceos (B1) *Notorhynchus primigenius*; (B2) *Carcharias acutissima* (Balbino, 1995); e (B3) *Paragaleus antunesi* (Balbino & Cappetta, 2000). Escalas gráficas indicadas. Miocénico terminal da Bacia de Alvalade (Alentejo).

ictiológicas muito ricas, marinhas na maior parte. Há-as litorais, inicialmente comparáveis às do Golfo da Guiné – Senegal, com tubarões estenotérmicos de águas quentes (*Ginglymostoma*, *Hemipristis*, *Galeocerdo*, *Negaprion* e outros). No Miocénico superior há decréscimo térmico. Termo de comparação seria o Atlântico junto da Mauritânia. Escasseiam ou faltam aqueles géneros e passam a predominar outros tubarões, como os *Isurus*. Fácies euxínicas, em parte correspondentes a maiores profundidades, deram seláceos e teleósteos. Além disso, o Miocénico inferior proporcionou peixes de água doce de tipo sudanês-etíópico, com um *Lates* (género a que pertence a perca gigante do Nilo) e bagres (*Arius*). Aridez crescente no Miocénico superior resultou em empobrecimento da fauna de peixes não marinhos, reduzida praticamente a pequenos ciprinídeos. Dados recentes permitiram caracterizar uma fauna marinha do Miocénico terminal (Bacia de Alvalade, Alentejo)

(figuras 9.18 B1, B2 e B3), incluindo representantes evoluídos de géneros como *Carcharhinus* e *Dasyatis*. É curiosa a ocorrência do último Characinídeo europeu, representando um grupo essencialmente sul- e centro-americano na actualidade.

Anfíbios

Os primeiros depósitos mesozóicos, continentais, com predomínio de arenitos vermelhos, eram reputados estéreos (exceptuado o caso de raros restos vegetais). Com base em conchostráceos e na palinologia, os níveis mais altos foram datados do Triásico superior. A situação alterou-se com a descoberta perto de Silves (Algarve) de estegocéfalos que lembram outros do Triásico inferior da Catalunha (Espanha) - idade que, afinal, corresponde à parte inferior dos Arenitos de Silves. Há associações de anfíbios no Jurássico superior, estando estudados os da

célebre jazida de Guimarota (Leiria). Outros ocorrem no Cretácico terminal de Aveiro-Taveiro, bem como no Miocénico superior continental da bacia do Tejo.

Répteis

O Liásico deu restos de ictiossauros e plesiossauros. Os quelónios estão bem representados no Jurássico (*Plesiochelys* e outros géneros). É notável a ocorrência de pleurodiros no Cretácico terminal de Aveiro: *Rosasia soutoi*, de que um dos exemplares foi atacado e mordido por um Crocodilo (figura 9.19).

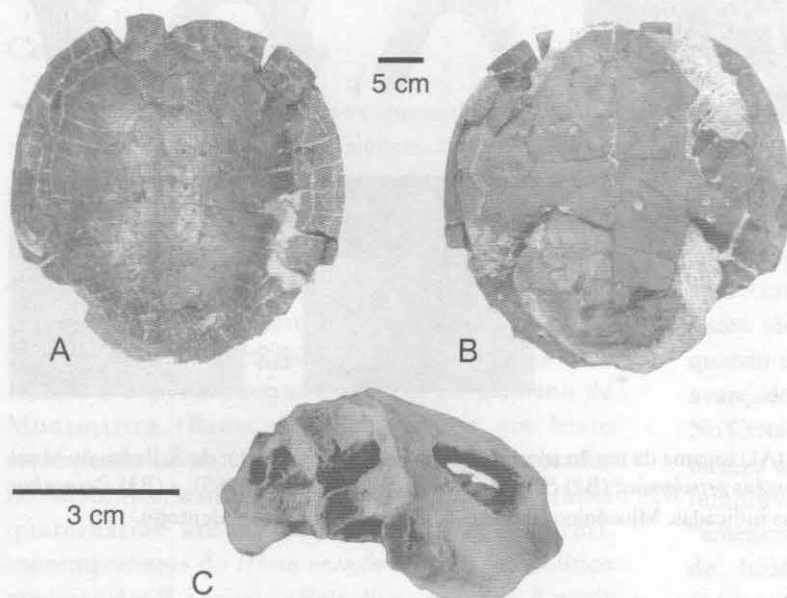
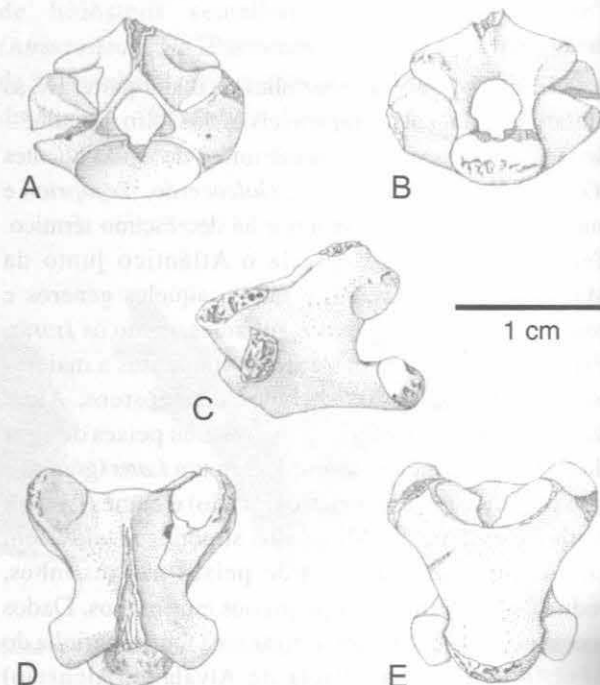


Figura 9.19 Répteis: Quelónio, *Rosasia soutoi*: (A e B) carapaça, faces dorsal e ventral; (C) crânio, face lateral direita, escalas gráficas indicadas, Cretácico terminal de Aveiro (Antunes & Broin, 1988).

Figura 9.20 Répteis: Lagarto, *Iberosaurus* cf. *catalaunicus*, x 2; vértebra dorsal, faces (A) anterior; (B) posterior; (C) lateral esquerda; (D) dorsal; (E) ventral. Fins do Miocénico inferior, Quinta das Pedreiras, Lumiar (Lisboa) (Antunes & Rage, 1974).



D

E

Quanto aos Crocodylia, recorde-se um crânio de crocodilo longirrosto do Liásico superior de Tomar (figura 9.21) reportado a *Mystrisaurus bollensis*; suscitou, talvez pela primeira vez, a discussão do carácter plesiomórfico das aberturas pré-orbitárias. Crocodilos (e Pterossauros) estão representados no Jurássico superior e no Cretácico. No Eocénico, destaca-se um grande mesosuquiano carnívoro, terrestre: *Iberosuchus*, afim de crocodilídeos bem representados no Brasil (*Baurusuchus*) (figura 9.22). Enormes crocodilos de tipo moderno, de origem asiática, *Tomistoma lusitanica* (que podem estar na origem dos "*Gavialosuchus*" do SE da América do Norte) e *Gavialis*, eram frequentes no Miocénico inferior e médio de Lisboa; raros no Miocénico superior, eram os últimos representantes de um grupo que a degradação climática não mais permitiu existirem na área em causa (figura 9.23).

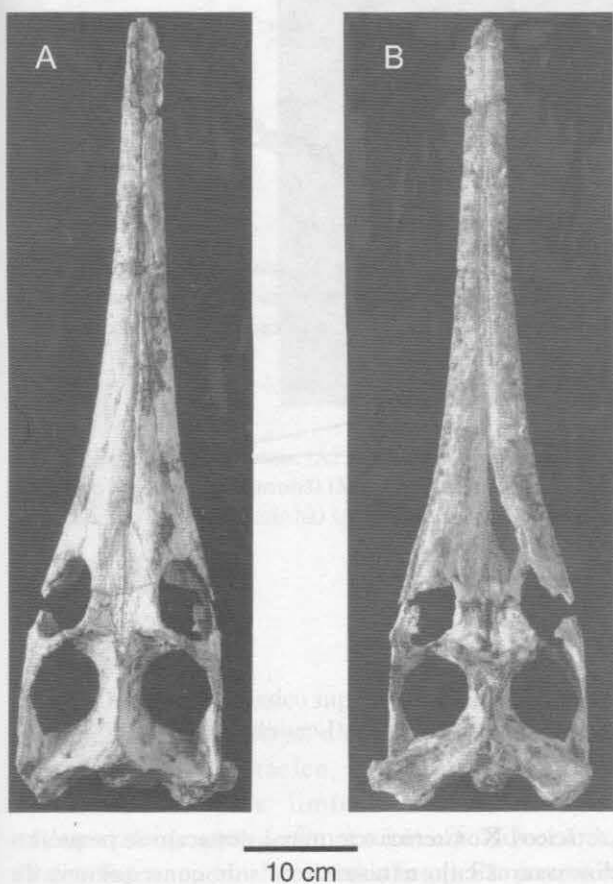


Figura 9.21 Répteis: Crocodilo, *Mystrisaurus* cf. *bollensis*; crânio em vistas dorsal (A) e ventral (B). Notar sutura interfrontal e as aberturas pré-orbitais. Escala gráfica representada. Liásico superior de Tomar (Antunes, 1967).

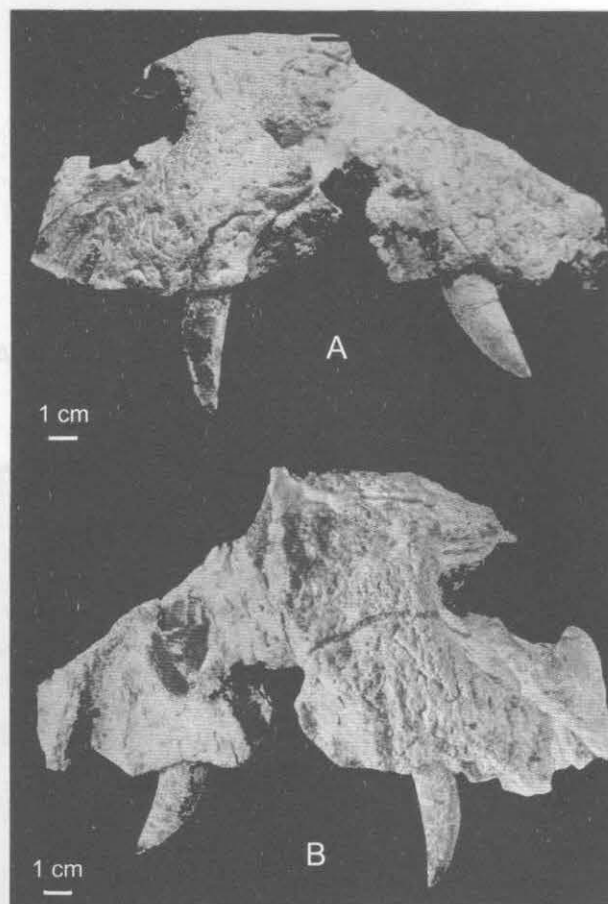


Figura 9.22 Répteis: Crocodilo, *Iberosuchus macrodon*; Crânio em vistas lateral esquerda (A) e lateral direita (B). Escala gráfica representada. Praia a 250 m ao N de Vale Furado (S. Pedro de Muel) (Antunes, 1975).

É conhecido um dinossauro liásico. Abundam jazidas em níveis mais modernos do Jurássico, sobretudo no Jurássico superior, entre as quais espectaculares superfícies com impressões de pistas, de pégadas e, às vezes, impressões da cauda de dinossauros: Lagosteiros, Zambujal, Areia Branca (figura 9.24), Pedreira do Galinha, entre outras. Entre os fósseis do Jurássico superior da Lourinhã incluem-se: - numerosos Saurischia, (a) terópodes, por ex. *Ceratosauros*, *Torvosaurus*, *Lourinhanosaurus* (figura 9.25) e (b) saurópodes, como *Dinheirosaurus*, *Lourinhasaurus* (não confundir com o terópode de nome quase idêntico) e *Lusotitan*; - Ornithischia, i.e. *Dracopelta*, *Phyllodon*, *Draconyx*, além de outros. É excepcional a descoberta de ninho com muitas dezenas de ovos de dinossauro

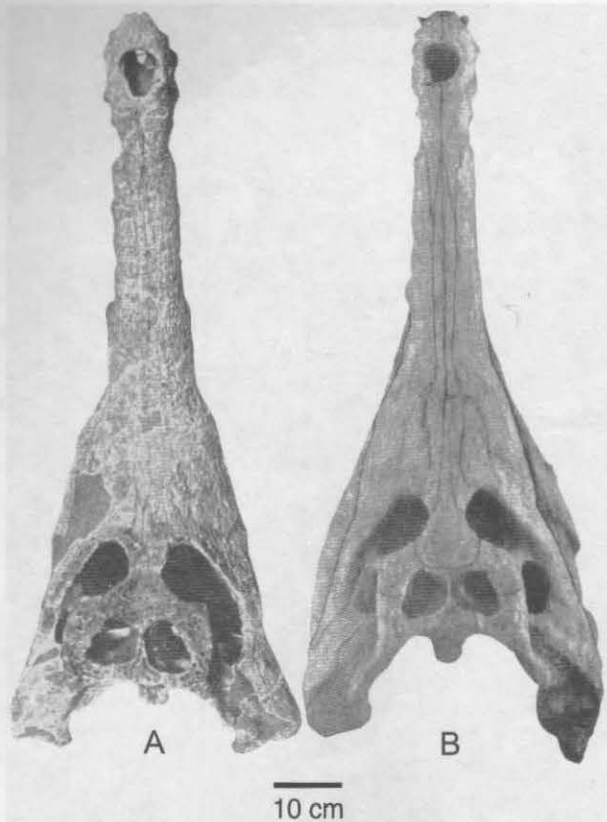


Figura 9.23 Répteis: Crocodilo, *Tomistoma lusitanica*; (A) crânio vista dorsal, início do Miocénico médio (Langhiano), Quinta da Farinheira (Chelas, Lisboa); (B) cabeça óssea, vista dorsal, Miocénico superior (Tortoniano inferior), Quinta dos Durões (Almada) (Antunes, 1961).



Figura 9.24 Répteis: Dinossauro, pégadas de pequeno terópode, escala gráfica representada. Jurássico superior de Areia Branca (Lourinhã) (comunicado por O. Mateus).

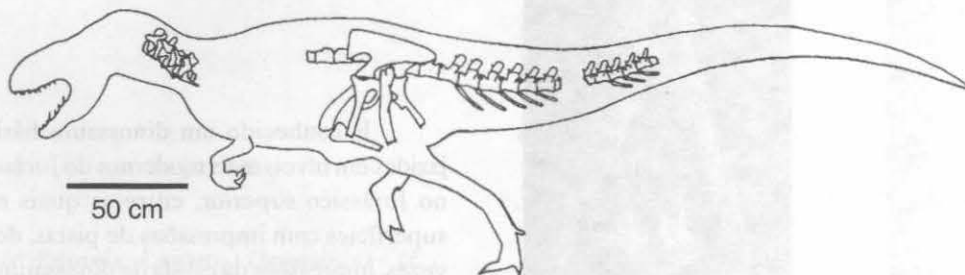


Figura 9.25 Répteis: Dinossauro, *Lourinhanosaurus antunesi*; Jurássico superior, Peralta (Lourinhã) (Mateus, 1998).

(figuras 9.26), notável pela idade, já que a maioria das jazidas de ovos é do Cretácico, e por conterem embriões. Estes permitem identificá-los como de *Lourinhanosaurus* e caracterizar o desenvolvimento ontogénico. A colecção da Lourinhã é um dos conjuntos mais ricos a nível europeu. São menos numerosos os restos de dinossauros

cretácicos. No Cretácico terminal, destacam-se pequenos dinossauros cujo nanismo terá sido consequência de evolução em meios insulares, resultantes da enorme transgressão do Cenomaniano. Consequência adicional foi a extinção de praticamente todos os dinossauros maiores nas ilhas a que o Continente ficou reduzido.

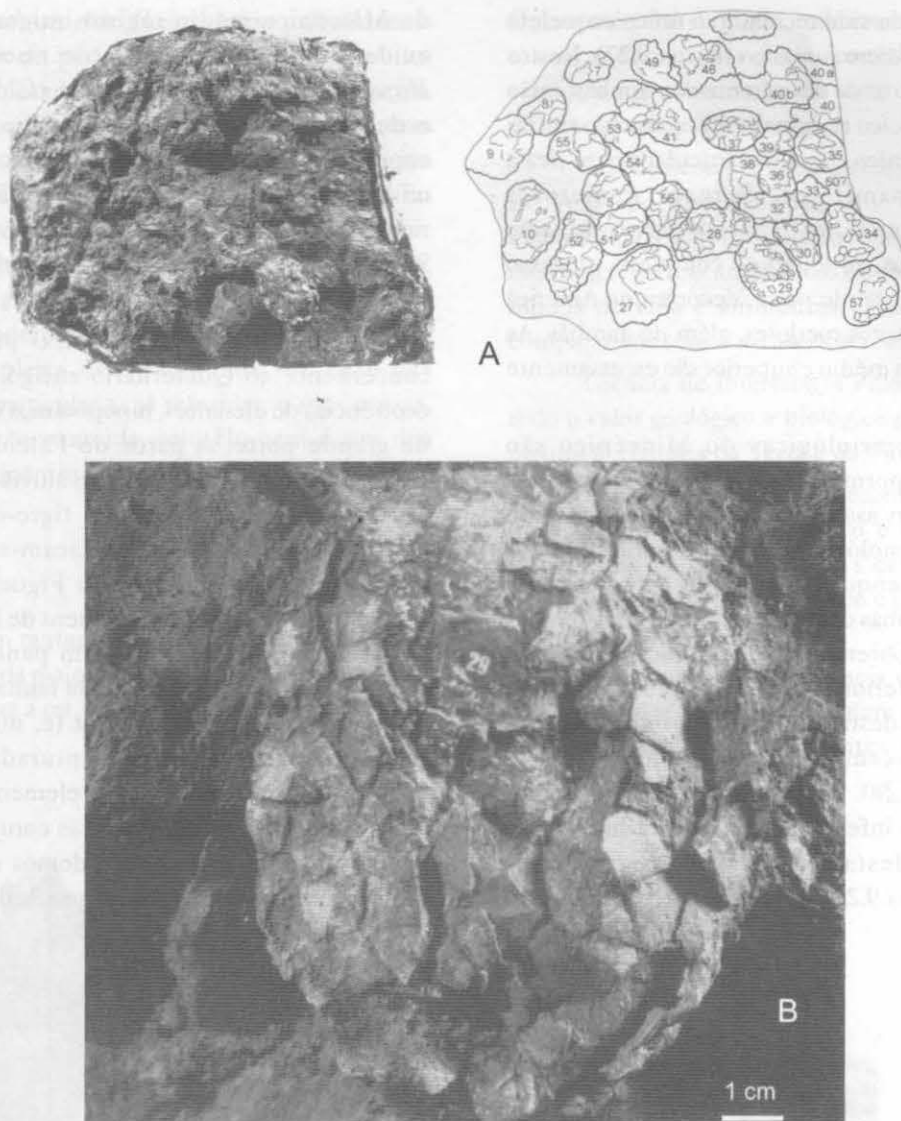


Figura 9.26 Répteis: (A) Postura de ovos de dinossauro terópode (*Lourinhanosaurus*), bloco com cerca de 75 cm. Jurássico superior, Pai Mogo (Lourinhã) (Mateus, Antunes, Taquet, Ribeiro & Manuppella, 1998). (B) Ovo de *Lourinhanosaurus*; Jurássico superior, Pai Mogo (Lourinhã) (Antunes, Taquet & Ribeiro, 1998).

Aves

Dentes do Jurássico superior da Guimarota foram atribuídos a *Archaeopteryx*, o que não é óbvio. Não se conhecem no Cretácico. A primeira ave bem caracterizada, uma limícola *Recurvirostridae* (*Fluviatilavis antunesi*), ocorre em Silveirinha (Paleocénico superior? - Eocénico basal). São poucos os restos miocénicos; em Lisboa, ocorrem uma pernalta, um faisânídeo e uma rapina. Por outro lado, há faunas quaternárias. Destacam-se as de grutas litorais, Furninha (Peniche) e Figueira Brava, na Arrábida. Na última,

contemporânea de um dos derradeiros eventos da glaciação de Würm (ca. de 30 000 BP), foi encontrado o exterminado grande pinguim, *Pinguinus impennis* (os últimos capturados em 1844); viveu no arquipélago da Madeira.

Mamíferos

A primeira fauna detectada é a do Jurássico superior da Guimarota, com *Multituberculados*, *Docodontes* e outros. Incluem-se crânios, mandíbulas

e outros ossos, tendo sido recolhido o único esqueleto conhecido de mamífero jurássico (figura 9.27). Restos dentários, incluindo os de um parente dos gambás, estão presentes no Cretácico terminal de Taveiro. No fim do Paleocénico-Eocénico basal, é particularmente rica a associação de mamíferos. Surgem numerosos Condylarthra, os primeiros *Hyracotherium* (que terão originado os cavalos, ao longo de complexo processo evolutivo que, em grande parte, decorreu na América do Norte), os primeiros roedores, além de gambás. As faunas do Eocénico médio e superior são escassamente representadas.

As faunas teriológicas do Miocénico são conhecidas com pormenor. A datação é das mais rigorosas, porque as associações são características do ponto de vista cronológico e porque, sobretudo em Lisboa, é possível enquadrá-las graças a intercalações em unidades marinhas com foraminíferos planctónicos e que permitiram obter datações isotópicas K-Ar e Sr. No Miocénico inferior sobreviviam faunas de tipo europeu, onde se destacam os últimos antracotérios (grupo de que parecem ter derivado os hipopótamos) europeus (figura 9.28). Sobrevieram modificações em fins do Miocénico inferior resultantes de imigrações africanas, com destaque para a dos primeiros mastodontes (figura 9.29), e a dos dinotérios. O início

do Miocénico médio regista imigrações asiáticas, evidenciadas pela chegada de rinocerontes como *Hispanotherium*, conhecidos desde a China (figura 9.30), e de roedores cricetídeos. O início do Miocénico superior foi marcado pela imigração de *Hipparion*, oriundo da América do Norte (figura 9.31); os sítios mais ricos, no Ribatejo, deram restos de mastodontes (figura 9.32), rinocerontes, girafóides, veados, carnívoros, roedores, e outros.

Pouco se sabe das faunas pliocénicas. No concernente ao Quaternário antigo, poucas são as ocorrências de elefantes, hipopótamos e veados, alguns de grande porte. A partir do Paleolítico médio, a realidade é muito mais rica. Em aluviões da Mealhada apareceram restos do último tigre-dente-de-sabre (*Homotherium*). Depois, destacam-se as grutas da Furninha, da Columbeira e da Figueira Brava, estas frequentadas pelos últimos homens de Neanderthal, há cerca de 30 000 anos. Dão um panorama bastante completo, embora distorcido, da fauna: sobrepõem-se restos de alimentação humana (e, muito menos, de carnívoros) aos de presas capturadas por rapaces nocturnas, com notória falta de elementos de tamanho intermédio capazes de resistir às corujas, mas inúteis para o Homem. Enfim, recordemos que a presença humana é atestada por restos esqueléticos – poucos do

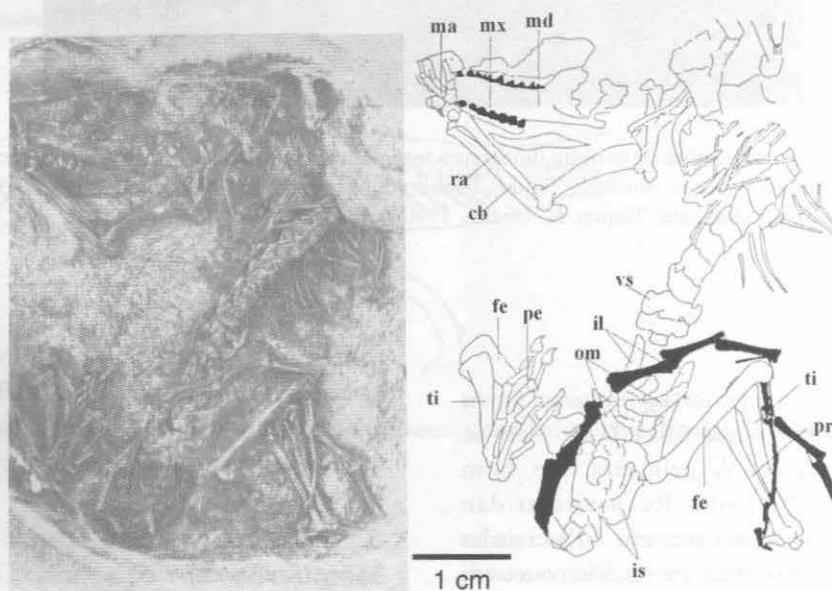


Figura 9.27 Mamíferos: Esqueleto de Pantotério. Escala gráfica representada. Jurássico superior de Guimarota (Leiria). Abreviaturas: ma, mão; mx, maxilar; md, mandíbula; ra, rádio; cb, cúbito; ti, tibia; fe, fémur; pe, pé; om, omoplata; il, ílio; vs, vértebra sacra; is, ísquio; ti, tibia; pr, peróneo (em Russell, 1991).

Homo neanderthalensis e de *Homo sapiens* paleolíticos – e por indústrias de pedra e de osso, algumas muito antigas. A “pebble culture” (pré-acheulense) ocorre em terraços calabrianos, com ca. de 1 MA, ou mais (figuras 9.33 A, B e C). Seguem-se indústrias do Paleolítico inferior (Acheulense) (figuras 9.33 D e E), médio (Mustierense) (figuras 9.33 F, G, H e I) e superior (Solutrense) (figura 9.33 J), bem como do Epipaleolítico, Neolítico (figuras 9.33 K e L) e ulteriores. Quanto aos tempos mais modernos, é de salientar – e tocamos numa problemática plena de actualidade – o caso das extinções, em particular as já referidas, e suas causas, de que a pressão exercida pelo Homem é um dos factores determinantes.

Aplicações

Como em tantas outras regiões, o contributo da Paleontologia é da maior importância em Portugal. Tem tido, e continuará a ter, o maior valor cronostratigráfico.

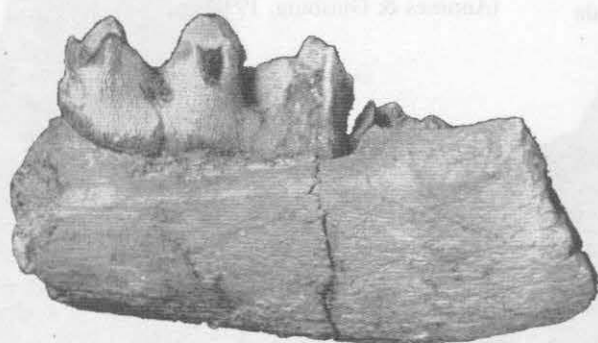
Outros métodos surgiram, todos com limitações. Porém, e sem menosprezar o seu contributo, não vieram eliminar a necessidade de informação cronológica proporcionada por fósseis.

Não se ficou por aqui. Os fósseis revelaram todas as suas potencialidades no que concerne à Paleoeologia, o que implica trabalho de caracterização das características anatómicas traduzindo adaptações a modos de vida e ambientes e, além disso, estudos comparativos com a natureza actual.

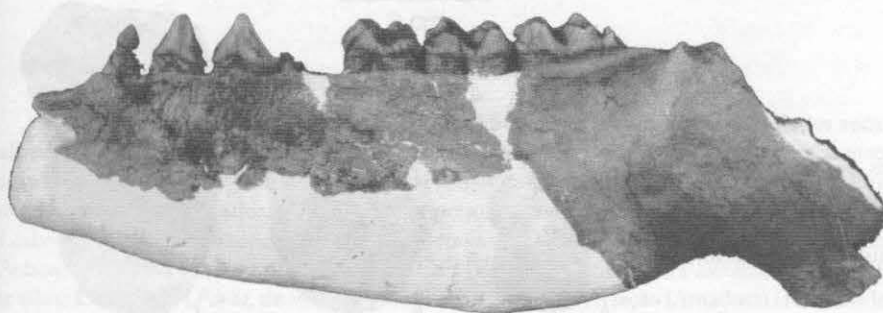
Ciência de interface, a Paleontologia conserva todo o valor geológico e biológico pelo seu contributo quanto à História da Terra e da Vida e sua Evolução.

Enfim, tem havido acréscimo, às vezes muito notório, do interesse público e da valorização do Património Natural. Nalguns casos, com notáveis consequências no plano político e económico, turismo incluído.

A Paleontologia é Ciência diferenciada desde os alvares do séc. XIX, porém, nem velha nem obsoleta – ao contrário, com excelentes possibilidades de desenvolvimento.



5 cm



5 cm

Figura 9.28 *Brachyodus onoides*, último antracotério europeu. Hemimandíbulas de jovem, com o último molar lacteal (D4), e de adulto, com a série dentária quase completa (falta P4), vistas laterais esquerdas. Notar a ornamentação peculiar do esmalte, que se mantém nos hipopótamos. Miocénico inferior/Burdigaliano, Quinta da Carrapata, Lisboa (segundo M.T. Antunes, inédito).

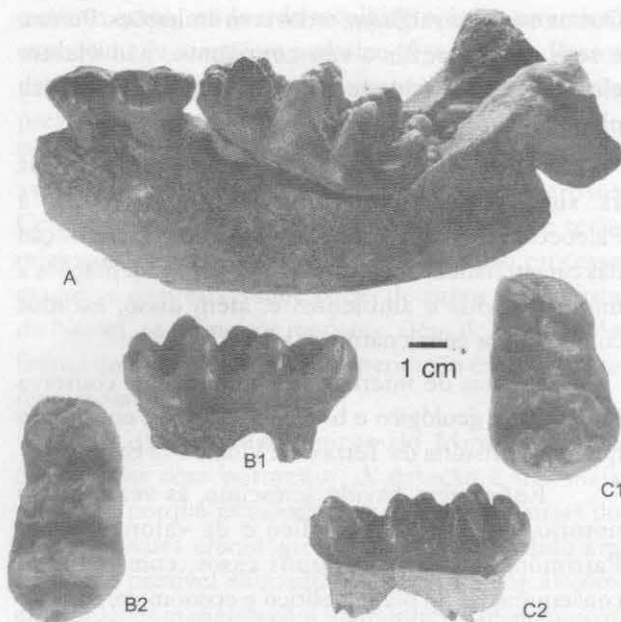


Figura 9.29 *Gomphotherium angustidens*. (A) "Bébé" mastodonte, hemimandíbula direita com a dentição de leite (D3-D4); início do Miocénico médio (Langhiano), Quinta da Farinheira (Chelas, Lisboa); (B1) D4 inferior esquerdo, vistas lingual e (B2) oclusal, início do Miocénico médio (Langhiano), Casal das Chitas, Charneca do Lumiar (Lisboa); D4 inferior direito, vistas lingual (C2) e vista oclusal (C1). Quinta da Farinheira, Chelas (Antunes & Mazo, 1978).

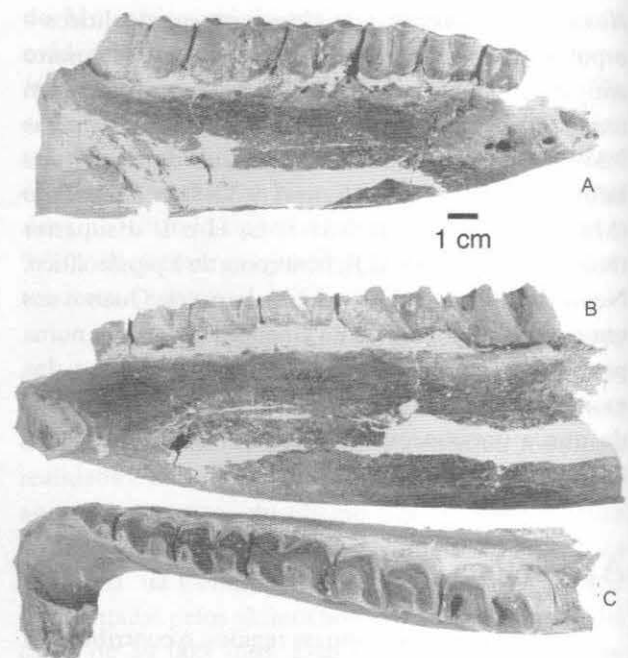


Figura 9.30 *Hispanotherium matritensis*. Hemi-mandíbula direita com P2 - M3 e sínfise, vistas (A) externa, (B) interna (lingual) e (C) oclusal. Início do Miocénico médio (Langhiano), Casal das Chitas, Charneca do Lumiar (Lisboa) (Antunes & Ginsburg, 1993).

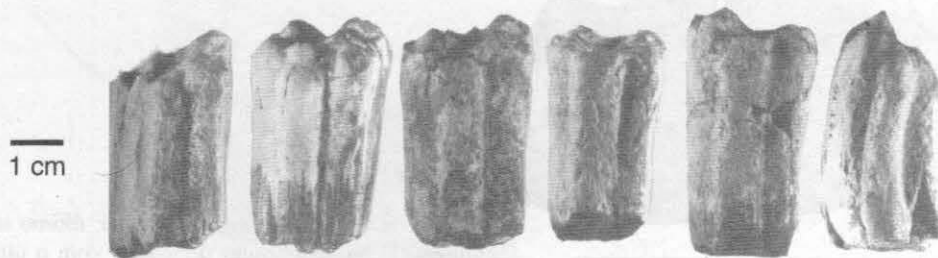
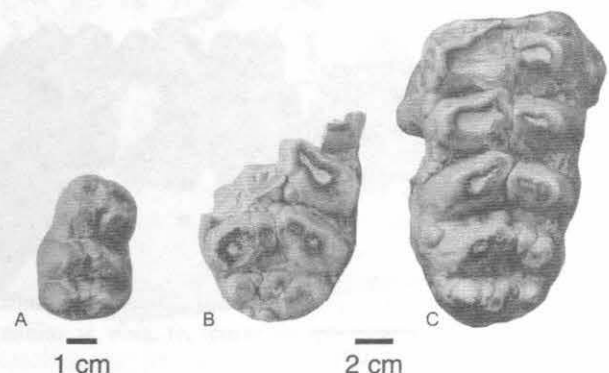


Figura 9.31 *Hipparion primigenium* cf. *melendesi*. Série dentária (compósita) superior esquerda, P2 a M3, vista lingual; Miocénico superior (Vallesiano), Azambujeira (Ribatejo) (Alberdi, Antunes, Sondaar & Zbyszewski, 1978).

Figura 9.32 *Tetralophodon longirostris*, dentes de jovem e de adulto, vistas oclusais; (A) D3 superior direito; (B) M3 superior direito incompleto; (C) M3 superior esquerdo. Miocénico superior (Vallesiano), Azambujeira (Santarém, Ribatejo) (Antunes & Mazo, 1983).



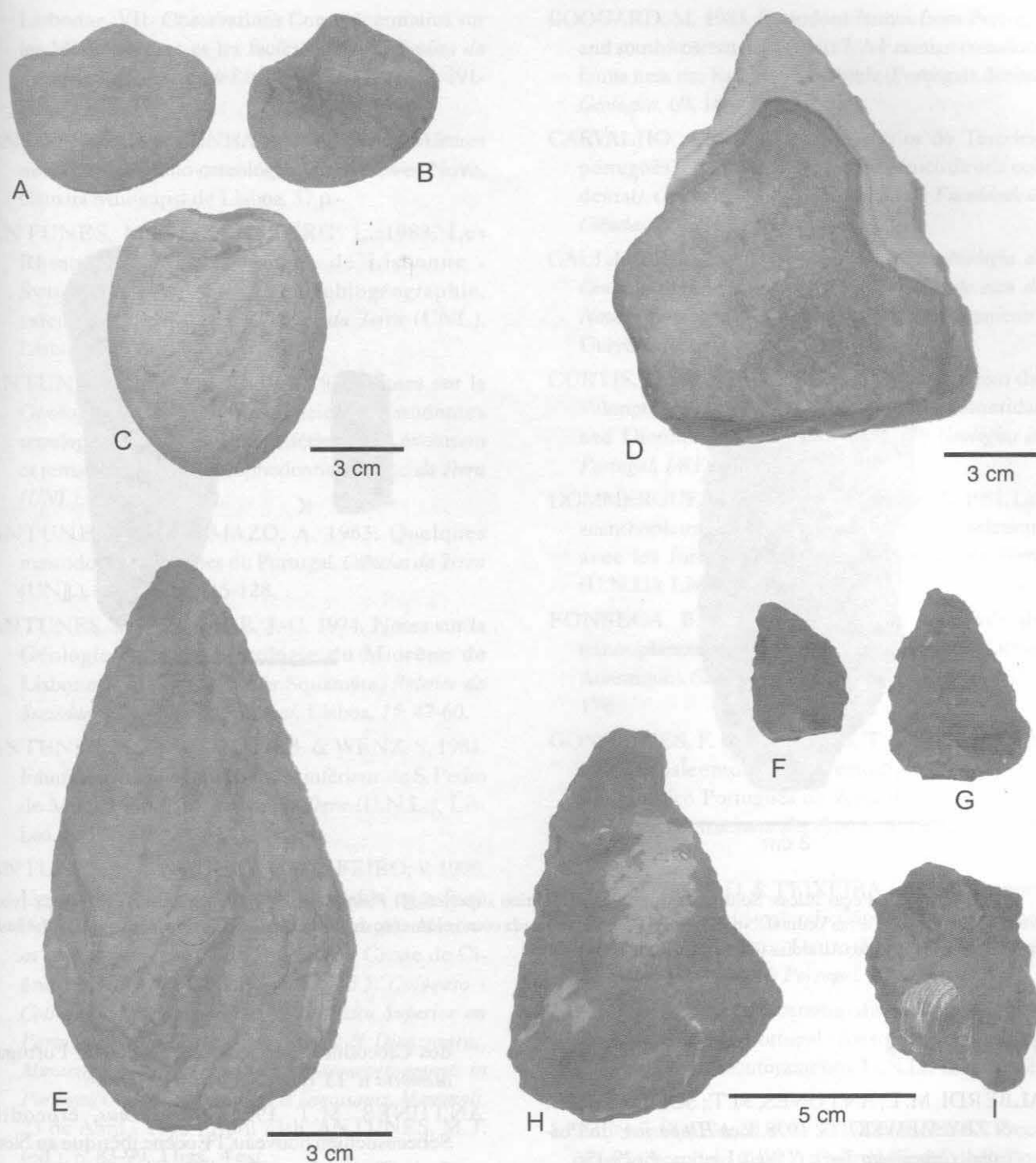


Figura 9.33 Peças líticas: Pré-acheulense- Seixos de praia afeiçãoados, rolados após talhe: (A e B) Dois *artefactos* com vários talhes, produzindo uma ponta ladeada por áreas em depressão correspondentes a material eliminado. (C) *Artefacto* de talhe simples, com indícios de uso. Praia levantada (Calabriano, cerca de 1 MA), Arneiro dos Marinheiros (Sintra). Acheulense/ Paleolítico inferior- (D) *Biface* de sílex (Acheulense superior), encontrado na construção das pistas de treino do Estádio José de Alvalade (Lisboa). *Artefacto* talhado, abandonado e depois retocado. (E) *Biface* utilizando um calhau rolado de quartzito, de terraço fluvial (Acheulense superior), Alfárófia, Ribeira do Caia (Elvas). Mustierense/ Paleolítico médio- (F) Pequeno *raspador* duplo, convergente, de sílex; Damaia. (G) *Ponta*, de sílex; a W do antigo Campo de Aviação (Amadora). (H) Grande *raspador* duplo de bordos convergentes, reticulado, com evidente bolbo de percussão, de sílex; Areeiro da SAREL em Gato Preto (Rio Maior). (I) *Raspador* duplo de bordos paralelos, de sílex; Moinho da Carrasqueira, Serra de Monsanto (Lisboa).

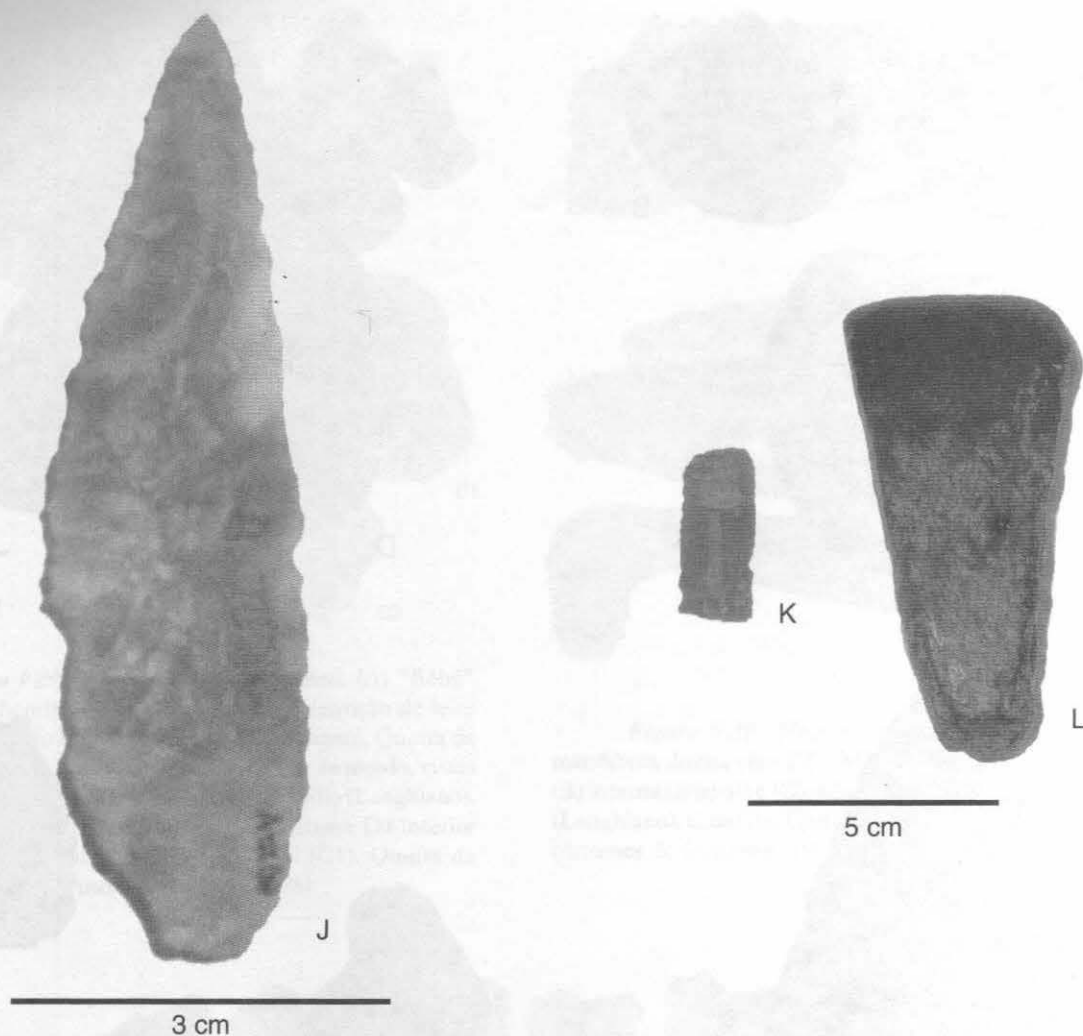


Figura 9.21 Peças líticas: Solutrense superior/ Paleolítico superior- (J) Ponta de tipo "folha de loureiro", de sílex (vista lateral); Cambelas (Torres Vedras). Neolítico-(K) Lâmina, utilizada como elemento de foice, de sílex; Samarra (Sintra). (L) Machado, polido, de serpentinito; Alfarófia (Elvas). (Antunes, original).

Referências

- ALBERDI, M.T.; ANTUNES, M.T.; SONDAAR, P.Y. & ZBYSZEWSKI, G. 1978. Les *Hipparion* du Portugal. *Ciências da Terra (UNL)*, Lisboa, 4:129-156.
- ANTUNES, M.T. 1959. Nota sobre um mamífero do Aquitaniano de Campo de Ourique. *Boletim da Sociedade Portuguesa de Ciências Naturais*, VII, 2ª sér., 12(3): 129-137.
- ANTUNES, M.T. 1961. *Tomistoma lusitanica*, crocodilien du Miocène du Portugal. *Revista da Faculdade de Ciências Lisboa*, 2ª sér., C, 9(1): 5-88.
- ANTUNES, M.T. 1967. Um Mesosuquiano do Liásico de Tomar (Portugal) / Considerações sobre a origem dos Crocodilos. Serviços Geológicos de Portugal, *Memória* nº 13 (nova série), 66 p., 6 est.
- ANTUNES, M.T. 1975. *Iberosuchus*, crocodile Sebecosuchien nouveau, l'Eocène ibérique au Nord de la Chaîne Centrale, et l'origine du canyon de Nazaré. *Comunicações dos Serviços Geológicos de Portugal*, 59: 285-330.
- ANTUNES, M.T. & BROIN, F. 1988. Le Crétacé terminal de Beira Litoral, Portugal: remarques stratigraphiques et écologiques, étude complémentaire de *Rosasia soutoi* (Chelonii, Bothremydidae). *Ciências da Terra (UNL)*, Lisboa, 9:153-200.
- ANTUNES, M.T. & CHEVALIER, J.P. 1971. Notes sur la géologie et la paléontologie du Miocène de

EDUCAÇÃO E PALEONTOLOGIA

Cibele Schwanke
Mirian do Amaral Jonis Silva



O universo do saber paleontológico encontra-se permeado por conceitos, inferências e interpretações referentes ao mundo e à vida passados que são resultantes de séculos de investigação científica e possibilidades tecnológicas que permitem ao homem atual desvendar e recontar a História da Vida e da Terra. Este conhecimento tem sido fruto do trabalho de pesquisadores nacionais e estrangeiros que ao "fazerem" ciência contribuem, substancialmente, para a compreensão da amplitude da Paleontologia.

✧ Pensando a Paleontologia como uma ciência histórica, cuja história pode ser contada em uma escala de milhões e milhões de anos, onde eventos geológicos e geográficos e processos evolutivos ocorridos no mundo biológico estão registrados de diferentes maneiras, depreende-se que o ensino desta área do saber é de extrema relevância. Dessa forma, a Paleontologia, vista a partir de uma óptica educacional, tem um importante papel a cumprir, seja contribuindo na geração e disseminação do conhecimento, auxiliando na compreensão de processos naturais complexos ou colaborando na formação de cidadãos críticos e atuantes dentro de uma sociedade. No entanto, o conhecimento paleontológico ainda restringe-se muito aos centros de pesquisa, museus e discussões existentes nos meios

acadêmicos, permanecendo distanciado da comunidade em geral, podendo ser considerado subutilizado na educação brasileira como um todo.

Analisando brevemente a trajetória do conhecimento, desde sua origem, até sua divulgação e suas potencialidades educacionais, passamos por uma série de níveis de escolaridade e diversos segmentos profissionais. Numa tentativa de pontuar como a Paleontologia se encontra em cada um destes setores e de que maneira os mesmos podem contribuir no sentido de proporcionar atividades educativas, é possível estabelecer um fio condutor que integre os diferentes espaços em que são produzidos e veiculados os conhecimentos paleontológicos. O ponto de partida seria a universidade, tendo em vista o papel fundamental dos centros de pesquisa, tradicionalmente vistos como *locus* privilegiado da produção dos conhecimentos científicos que referenciam a prática educativa. Seguindo-se esta mesma linha, destaca-se a importância dos museus, da mídia e do turismo como veículos que promovem a difusão de informações. Por fim, reconhece-se a escolarização como uma das potenciais vias de acesso aos conhecimentos paleontológicos, enfatizando-se a necessidade de uma inserção mais efetiva da Paleontologia no currículo escolar.

A Universidade e seu papel na produção e transmissão do conhecimento paleontológico

O marco inicial do processo de investigação e disseminação do conhecimento paleontológico ocorre nos centros acadêmicos e instituições de pesquisa e ensino superior, representados por universidades e museus. Nestas instituições, de uma maneira generalizada, a pesquisa paleontológica, quando presente, é realizada com a aplicação de metodologias, procedimentos e tecnologias disponíveis, resultando na criação de conhecimentos por parte de especialistas, divulgados mediante a publicação de artigos científicos e apresentações em eventos relacionados à área. Como muitos destes pesquisadores são também professores de graduação, pós-graduação e orientadores de alunos, demarca-se o início do processo de ensino, com a transmissão de conhecimento. Um outro eixo da instituição universitária que se une à pesquisa e ao ensino é a extensão, onde a universidade efetivamente oportuniza um acesso direto da comunidade ao conhecimento e desenvolvimento tecnológico gerado nos centros e unidades acadêmicas.

De uma maneira geral, pode-se considerar que a Paleontologia, enquanto ciência e disciplina, possui uma identidade própria no meio acadêmico, sobretudo nos cursos de Geologia e Biologia, quer seja através de disciplinas ou de departamentos e setores que desenvolvem pesquisas nesta área, muitos deles ligados a programas de pós-graduação. Ressalta-se, contudo, que a abordagem do conhecimento paleontológico deveria ser diferenciada, tratando-se do curso onde a disciplina Paleontologia é oferecida, o que nem sempre é verificado. Apesar de ser uma disciplina quase sempre obrigatória nos cursos de Geologia e Biologia, na maioria das vezes, aborda-se uma Paleontologia básica, sem maiores aprofundamentos e possibilidades de discussões. No caso da licenciatura, isso acarreta, muitas vezes, um distanciamento da realidade e dos objetivos dos alunos, gerando grande frustração por parte dos mesmos. Neste sentido, a universidade tem um papel único e de extrema importância – o de retratar o mundo paleontológico mediante a adequação de sua terminologia e aplicabilidade, sugerindo formas alternativas de sua abordagem. Esta é uma preocupação que tem sido discutida em várias universidades brasileiras, sobretudo quando relacionadas aos cursos de bacharelado. Na licenciatura, a criação de

metodologias inovadoras e o desenvolvimento de materiais instrucionais, realizados em conjunto por especialistas da área de paleontologia e de ensino podem permitir que os conhecimentos paleontológicos sejam transmitidos através de uma metodologia atraente e estimulante, utilizando-se atividades práticas, envolvendo a elaboração de modelos estratigráficos, modelagem de exemplares, interpretações de processos geológicos e biológicos, visando a estimular os futuros educadores (Schwanke, 2002).

Pensando não somente em formação profissional, mas em disseminação do conhecimento paleontológico produzido no meio acadêmico e da implementação das propostas didáticas desenvolvidas na universidade, a extensão universitária aparece como o setor de maior abrangência. Na extensão, com a priorização de práticas voltadas ao atendimento das necessidades sociais emergentes relacionadas à educação, enfatizadas pelo Plano de Extensão Universitária de 2001, tentativas de oportunizar programas de extensão ligados à melhoria da qualidade da educação têm surgido como uma ponte de aproximação entre as universidades e a comunidade em geral, principalmente com professores e alunos da Educação Básica. A extensão, neste sentido, não se tem configurado em uma via única, onde a universidade apenas repassa o conhecimento científico produzido, mas sim numa via dupla, com importantes trocas de conhecimentos e experiências entre diferentes setores da sociedade com o meio acadêmico. No âmbito da educação em Paleontologia, a extensão universitária pode contribuir através de programas educativos de naturezas distintas (cursos, exposições, prestação de serviços, organização de eventos, projetos específicos), envolvendo a educação básica; a educação à distância; a capacitação, qualificação e formação continuada de profissionais de educação e a cooperação inter-institucional, entre outros.

A importância dos Museus na Educação em Paleontologia

A concepção acerca dos museus e de seu papel social evoluiu muito nas últimas décadas. Os museus, antes vistos como instituições que adquiriam e guardavam peças que poderiam vir a ser objetos de estudo no futuro, são considerados hoje locais de intensa atividade científica, cultural e educativa.

Segundo a definição do International Council of Museums, museu é toda instituição de caráter permanente, sem fins lucrativos, a serviço da sociedade e seu desenvolvimento, aberta ao público e que efetue investigações sobre os testemunhos materiais do homem e do meio ambiente, os quais são adquiridos, coletados, conservados, preservados, comunicados e expostos para fins de pesquisa, educação e lazer (ICOM, 1986 in Vega, 1999). Nessa perspectiva, os museus devem atender às demandas sociais e educacionais, utilizando sua estrutura e seus acervos para a promoção de cursos, palestras e exposições que disponibilizem ao público informações científicas de grande relevância no contexto social.

Embora muitos museus sejam considerados centros de referência em algumas áreas científicas ligadas à pesquisa paleontológica no Brasil, via de regra, as atrações principais destas instituições são suas exposições. Exposições permanentes, temporárias ou itinerantes, quando didaticamente organizadas, informativas, atualizadas e interativas, atraem um público expressivo de visitantes, representando um importante instrumento na divulgação do conhecimento paleontológico.

Outro aspecto que merece destaque é o papel dos museus na organização de coleções. Como objetos de estudo em pesquisas científicas e presentes em exposições, coleções científicas são comumente encontradas em museus de História Natural. No aspecto informativo e de divulgação na área paleontológica, coleções paleobiológicas são extremamente informativas, devido à manutenção e exposição de espécimes fósseis representativos e ao acesso limitado da comunidade em geral a estas peças (Schwanke & Melo, 2002). Na área de ensino, coleções didáticas são praticamente inexistentes em instituições de Ensino Médio e Superior, o que acentua o valor dos museus como vias de acesso dos estudantes ao mundo dos fósseis.

O Turismo Paleontológico: aliado ou ameaça?

Apesar do decreto-lei 4.146 de 1942 determinar que *“os depósitos fossilíferos são propriedades da Nação e, como tais, a extração de espécimes fósseis depende da autorização prévia e fiscalização do Departamento Nacional da Produção Mineral, do Ministério da Agricultura”* e que, portanto, os fósseis não são bens

negociáveis e não podem ser coletados, transportados ou comercializados sem uma autorização prévia e legal, a realidade brasileira ainda demonstra a existência de um comércio ilegal relacionado ao patrimônio paleontológico que acarreta, além da perda de espécimes com alto valor científico, a destruição de sítios fossilíferos significativos e a depredação do ambiente natural.

A partir da constatação de que o turismo vem se destacando como uma das mais significativas atividades econômicas e culturais da atualidade, cresce a possibilidade da utilização do turismo paleontológico como um aliado na luta pela conscientização da importância da preservação dos depósitos fossilíferos e no combate à comercialização dos fósseis, integrando ciência e educação. Inicialmente considerada uma atividade que poderia colocar em risco a integridade de sítios fossilíferos, a utilização destes patrimônios naturais e culturais como recursos turísticos pode contribuir para a valorização e a conservação do patrimônio fóssil brasileiro, principalmente se estiverem vinculados a projetos de Educação Ambiental.

Esta é uma possibilidade prevista na legislação que trata da proteção ao patrimônio fossilífero, especialmente o Projeto de Lei do Senado, número 245, de 1996 que destaca o *“potencial de reativação econômica das regiões nas quais a existência de patrimônio fossilífero favoreça a criação de atividades não predadoras a ele relacionadas, especialmente o turismo científico e ecologicamente orientado”*.

Sabe-se que muitas áreas de pesquisa paleontológica estão localizadas em propriedades privadas ou em localidades do interior do Brasil onde os recursos financeiros são escassos e o nível educacional da maioria da população é precário. Sendo assim, esperar de uma população que vive no entorno dessas áreas, sem recursos financeiros e sem o real entendimento de sua importância, o desenvolvimento de atitudes relacionadas à conservação destas áreas é uma espera inútil. Dessa forma, o que ocorre, a grande maioria dos paleontólogos já conhece: os sítios paleontológicos ficam vulneráveis à exploração indiscriminada por parte de pessoas desavisadas, que se apropriam de peças de inestimável valor científico para vendê-los como *souvenir*. Por mais que esta prática esteja prevista na lei de Crimes Ambientais como uma atitude incorreta e sujeita a punições, sabe-se que o monitoramento dos sítios fossilíferos ainda não é suficientemente abrangente.

Uma solução que tem se mostrado eficiente nesses casos é a implementação de projetos de Educação Ambiental que, além de informar sobre a importância e a necessidade de preservação dos afloramentos fossilíferos, propiciem à população local formas sustentáveis de utilização desses espaços. Assim, o uso de parte do sítio paleontológico para desenvolvimento de turismo paleontológico sustentável representaria, em alguns casos, uma solução viável e de baixo custo que, além de contribuir para a geração de renda para a população local, garantiria a conservação do sítio.

O que se defende, portanto, é que sítios paleontológicos de grande interesse para atividades científicas, educacionais e recreativas possam ser protegidos através da criação de parques nacionais, estaduais ou municipais, como determina o Artigo 14 do Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza, aprovado pelo Conselho Nacional de Meio Ambiente. Neste caso, seriam considerados como passíveis de inclusão em atividades desta natureza os sítios fossilíferos classificados como abertos, compatíveis com atividades controladas de pesquisa e visitação, de acordo com o capítulo III do Projeto de Lei do Senado n. 245, de 1996.

Uma vez viabilizada esta possibilidade, programas dessa natureza requerem formação específica para guias de turismo ou monitores ambientais locais, a fim de que sejam capacitados para o trabalho em áreas de pesquisa liberadas para o turismo científico, o que promoveria o envolvimento da população na proteção do patrimônio fossilífero, principalmente pela criação de oportunidades sócio-econômicas vinculadas à proteção. Além disso, a criação de parques turísticos com visitas orientadas de estudantes dos vários níveis de escolarização poderia permitir o desenvolvimento de parcerias com diversas instituições de ensino, promovendo uma valorização do patrimônio fossilífero, mediante o desenvolvimento de ações educativas conjuntas, destinadas à conscientização de diversos segmentos sociais. Como desdobramento dessas atividades, seria possível, ainda, promover cursos, inclusive o de confecção de réplicas, junto a grupos interessados, como uma forma de divulgar conhecimentos e formar profissionais. Estas réplicas poderiam compor pequenas coleções didáticas, a serem utilizadas nas escolas ou mesmo oferecidas aos visitantes. Tais atividades estariam de acordo com as disposições gerais aprovadas pelo Congresso Nacional, em 1996.

Abre-se, assim, um grande horizonte de possibilidades para a difusão dos conhecimentos paleontológicos,

cujas efetivação estaria ainda dependendo da abertura de amplos canais de diálogo entre pesquisadores, formuladores de políticas educacionais, professores dos mais diferentes níveis de ensino e instituições que se dedicam à pesquisa e à divulgação científica.

A Mídia e a Educação Paleontológica

Se antigamente a mídia tinha como objetivo primordial permitir o acesso à informação pura e simples e garantir o entretenimento, atualmente é considerada um dos principais componentes educacionais, sendo impossível falar em mídia sem falar em educação e vice e versa (Cunha, 2002). O desenvolvimento dos meios de comunicação de massa na década de 1960 revolucionou o mundo e também a educação, onde a revolução eletrônica acarretou uma revisão profunda dos conceitos de comunicação usados até então na área educativa. Somou-se a isto a implementação da informática nos anos da década de 1970, que consolidou a utilização dos experimentos midiáticos no ensino.

A constante e acelerada aplicação das "novas tecnologias da informação e da comunicação", a partir de 1980, trouxe novas alternativas de equipamentos capazes de armazenar, processar e transmitir informações. Intensificou-se a produção de equipamentos cada vez mais sofisticados, com custos menores, contribuindo para a ampliação do acesso a tais recursos. As técnicas de computação gráfica revolucionaram a linguagem, criando uma realidade virtual paralela à vida humana. Por trás das telas, representa-se e se modifica o real com perfeição e rapidez. Do ponto de vista educativo, no entanto, a disseminação dos recursos tecnológicos não teve como reflexo imediato uma melhoria dos indicadores educacionais, devido à distância inicialmente imposta pelos profissionais da educação em relação à influência da mídia (Cunha, 2002).

Na medida do possível, a escola da atualidade tem procurado incorporar esses recursos midiáticos às suas práticas pedagógicas cotidianas, embora ainda sejam evidentes as disparidades entre os estabelecimentos de ensino do país. A televisão e o vídeo, por serem mais acessíveis, passam a ser as vias preponderantes de aproximação entre a realidade dos alunos, o conteúdo didático e o mundo desvendado pela pesquisa científica. O vídeo, combinando diversas linguagens, seduz, informa, entretém e apresenta às pessoas a outras realidades, outros tempos e espaços. As mensagens

audiovisuais usam uma linguagem concreta, plástica, de cenas curtas e com ritmo acelerado, multiplicando os pontos de vista, os cenários, os personagens e os sons, diferenciando-se, portanto, da abordagem complexa, metódica e abstrata do mundo científico formal. Diante do fascínio exercido pela imagem, cabe ao educador a seleção e a análise crítica do material audiovisual a ser utilizado para fins didáticos, assegurando a abordagem dos temas científicos numa perspectiva histórico-social, cultural e política.

No caso específico da Paleontologia, verifica-se a influência marcante da mídia, do cinema, das obras de ficção e até mesmo dos jogos eletrônicos na composição do imaginário social acerca dos conceitos paleontológicos. As concepções dos estudantes, neste campo do conhecimento, estão predominantemente marcadas pelas imagens cinematográficas e pelos documentários da TV, que influenciam parcelas enormes da população (Silva, 1998), que muitas vezes absorvem informações equivocadas pela dificuldade de definirem o que é real e o que é ficção, visto que alguns meios de comunicação, especialmente a televisão, têm alterado muito as relações entre o existente e o inventado, entre o distante e o próximo e mesmo entre os valores morais e estéticos (Leite, 2000).

É inegável, portanto, a responsabilidade ética, política e educativa que compartilham tanto os meios de comunicação, que não atuam apenas como difusores de informações, mas como formadores de opiniões e conceitos, como também educadores e pesquisadores em Paleontologia. O professor, neste caso, não atua mais apenas como o transmissor oficial do conhecimento, mas sim como um orientador na construção deste, utilizando a notícia divulgada através dos veículos de informação para criar ambientes e momentos propícios para análises críticas e debates construtivos.

A Paleontologia na Educação Básica: por que a Paleontologia anda tão distante das salas de aula?

A Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB, 1996), juntamente com a orientação fornecida pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN, 1996), tem oportunizado uma maior flexibilidade nos currículos do Ensino Fundamental e Médio. Esta flexibilidade tem permitido aos professores uma certa autonomia na maneira de abordar as ciências em suas

aulas, permitindo um ensino mais dinâmico, coerente, integrativo e estimulante. No entanto, enquanto em diversas disciplinas os professores aproveitaram esta oportunidade para abordarem campos científicos, outrora distantes dos alunos, isto não ocorreu com a Paleontologia, que continua ausente da realidade da sala de aula (Marques, 1999). Uma justificativa plausível para a não inserção de temas paleontológicos na Educação Básica baseia-se na constatação de que, diferentemente do verificado no Ensino Superior, a Paleontologia não faz parte do currículo formal de nenhuma disciplina escolar. Desta forma, ela é apenas abordada, de maneira sucinta e extremamente pontual, em Geografia e Ciências Biológicas ou Biologia.

Na tentativa de sintetizar a problemática relativa ao ensino de Paleontologia na Educação Básica, é possível reconhecer a existência de uma ampla arena de debates, na qual se levantam inúmeras questões. Uma delas é a distância verificada entre o saber paleontológico que circula na comunidade científica e o conteúdo curricular relativo a este campo de estudos, geralmente focado com muita superficialidade na escola. Esta situação começa a ser vista com preocupação pelos pesquisadores da área de Paleontologia e de Ensino que, reconhecendo a importância desta ciência para a compreensão mais ampla das questões biológicas, geológicas e ambientais, vêm se empenhando em defender uma inserção mais abrangente de conhecimentos paleontológicos nos currículos da Educação Básica.

Em verdade, a abordagem de conceitos paleontológicos no Ensino Fundamental e Médio encontra os mesmos obstáculos enfrentados no ensino da Química, da Física, da Biologia e das demais disciplinas que compõem a área das Ciências da Natureza. Entre estes, destaca-se:

* - a discrepância entre a linguagem científica, em parte veiculada pela escola e a linguagem cotidiana do aluno;

- a falta de relação entre o currículo escolar e as experiências concretas vivenciadas pelos alunos, o que dificulta uma aprendizagem significativa;

- a impossibilidade dos professores de se manterem atualizados em relação aos conceitos científicos, que atingem níveis de especificidade e complexidade cada vez maiores.

Decodificando a Linguagem Científica na Escola

Na prática da sala de aula lida-se com a interação entre a linguagem científica e a linguagem cotidiana do aluno (Mortimer, 1998), onde cada grupo social tem suas próprias formações discursivas, que ganham significado na fala dos indivíduos pertencentes ao mesmo grupo. Devido ao fato da linguagem científica possuir características próprias decorrentes de sua especificidade e, muitas vezes, ininteligíveis ao público, é necessária sua decodificação para que possa ser compreendida por crianças, adolescentes e leigos em geral (Marin & Terrazzan, 1997). A forma de adequação dessa linguagem passa a ser um desafio para os professores, especialmente no caso da Paleontologia, cujo ensino e aprendizagem requerem, além do domínio de termos específicos, a aquisição e compreensão de conceitos complexos como, por exemplo, aqueles relacionados à evolução e à vastidão do Tempo Geológico.

Em função dessas dificuldades, alguns professores têm defendido a exclusão de temas do ensino fundamental e médio que exijam um maior domínio do vocabulário e a compreensão de conceitos mais complexos, com alto grau de abstração. No entanto, alguns educadores argumentam que o problema não é justificar por que as crianças não podem aprender ciências nas primeiras séries, mas sim encontrar o que elas podem aprender (Weissmann, 1998) e de que forma este conhecimento torna-se significativo para sua formação. Este argumento, certamente, aplica-se ao estudo da Paleontologia, especialmente quando se reconhece sua importância para o entendimento da história da vida na Terra.

A Paleontologia no Currículo Escolar: das Experiências Cotidianas aos Conceitos Científicos

Um dos aspectos levantados quando se procura defender a inclusão de temas paleontológicos na educação básica diz respeito ao estabelecimento de uma relação entre os conhecimentos paleontológicos e a experiência cotidiana do aluno, a fim de que a aprendizagem torne-se mais significativa, enfatizando-se a real importância da Paleontologia na educação. Certamente, essas são reflexões, das quais professores e pesquisadores, empenhados em promover uma maior

inserção da Paleontologia no currículo escolar, não podem mais se eximir. Não basta reivindicar maior espaço para os conceitos paleontológicos nos livros didáticos e nas salas de aula. É preciso ter clareza quanto à concepção de ensino e aprendizagem que se quer abraçar e buscar estratégias de aproximação, que tornem mais significativos para os alunos os conhecimentos científicos em geral.

Reflexões desse tipo fomentam a discussão sobre a construção dos conceitos científicos na escola e vêm ganhando espaço cada vez maior entre os pesquisadores que se dedicam ao ensino de Ciências, revestindo-se de especial relevância quando se trata do ensino da Paleontologia.

✦ Parece consensual no meio acadêmico a idéia de que o aluno chega à escola ou mesmo à universidade dotado de concepções diretamente relacionadas às suas experiências cotidianas, que vão sendo modificadas na medida em que a escola propicia o processo de construção dos conceitos cientificamente aceitos. Assim, os conceitos científicos não são transmitidos apenas pelo professor, mas são construídos a partir de registros que variam de acordo com as ordens de abstração cognitiva dos alunos (Schnetzler, 1992). Uma aprendizagem significativa ocorre, então, quando novos significados são adquiridos e atribuídos pelo aprendiz, através de um processo de interação de novas idéias com conceitos ou proposições relevantes já existentes em sua estrutura cognitiva. Em outras palavras, os conceitos espontâneos que os alunos trazem para a sala de aula não podem ser ignorados pelos professores (Carvalho, 1997).

Neste sentido, o professor deve levar em consideração as informações que os alunos têm em relação ao mundo dos fósseis, mesmo que estas careçam de consistência científica. As orientações didáticas contidas nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN, 1996) caminham nesta direção ao sugerir que os conteúdos científicos sejam trabalhados de forma a promover a mudança conceitual através da problematização de fatos cotidianos. Ao perceber que suas concepções prévias não explicam suficientemente os fenômenos, os alunos serão naturalmente levados à investigação, ampliando e reconstruindo suas hipóteses, com base nos conhecimentos científicos.

Outro aspecto importante a ressaltar é que os conhecimentos científicos, ao serem incorporados ao currículo escolar, sofrem um processo de reelaboração, que é próprio da cultura escolar. Nesta reelaboração é preciso romper com a visão simplista que limita os

horizontes do aluno ao familiar e ao excessivamente prático (Lopes, 1993), tendo-se o cuidado de evitar que, visando à incorporação dos saberes populares na escola e à facilitação da abordagem científica, a escola incorra em equívocos, especialmente no que se refere à Paleontologia.

Estudos empíricos que procuram dimensionar a inserção da Paleontologia no currículo escolar têm verificado que a abordagem dos conceitos paleontológicos na escola é muito mais influenciada pelas imagens veiculadas pelo cinema e pela mídia que pelas publicações científicas, que ficam restritas à comunidade acadêmica. O fascínio que as imagens dos dinossauros exercem sobre as crianças acaba sendo a principal estratégia de aproximação com o tema, que, infelizmente, acaba sendo tratado de forma muito superficial e, às vezes, até mesmo equivocada. Cabe ao professor um papel fundamental na mediação desse processo dinâmico que propiciará uma aprendizagem significativa.

O Papel dos Professores como Mediadores da Construção de Conceitos Paleontológicos na Escola

Constatando-se que o professor exerce um papel fundamental no processo ensino-aprendizagem surge a questão: como podem os professores atuar como mediadores, se muitos deles têm suas próprias dúvidas em relação aos conhecimentos do campo da Paleontologia?

A falta de atualização dos professores em relação ao conteúdo específico das ciências naturais continua sendo uma grande dificuldade, levando-os, muitas vezes, a ficarem restritos ao "currículo do livro didático". Enquanto os professores universitários e até os do ensino médio agem como verdadeiros "especialistas" em suas áreas, os professores das séries iniciais vêm-se obrigados a desenvolver uma "alfabetização científica" que, na realidade, engloba noções elementares de várias áreas científicas, sem que, na grande maioria das vezes, tenham sido devidamente preparados para isso. Caberia aos professores das séries seguintes a retomada dos assuntos que nas séries iniciais da Educação Básica são abordados apenas superficialmente. Entretanto, nem mesmo nos níveis mais adiantados de escolarização os temas são tratados com o devido aprofundamento (Marques, 1999).

As propostas curriculares mais recentes sugerem uma abordagem didática com base em objetivos gerais. Os conteúdos são apresentados de maneira muito sintética e integrada e não há sugestões de atividades, a fim de que cada instituição e cada docente possa decidir, a partir de diretrizes gerais, sobre a seleção e a organização do que deve ser ensinado. Tais propostas, possivelmente, pressupõem que os docentes dominem os conteúdos contidos nessas formulações gerais, o que, infelizmente, não corresponde à realidade. Assim, na prática, são as editoras dos livros didáticos que indiretamente decidem sobre o que e como ensinar (Weissmann, 1998).

Não obstante as inovações gráficas e reedições dos textos, o mercado editorial repete sempre os mesmos conteúdos e, na tentativa de simplificar conceitos mais complexos, corre-se o risco de cometer equívocos. Com exceção de algumas publicações mais recentes, as atividades propostas pelos livros são muito semelhantes àquelas que os próprios professores conheceram durante a sua formação. Em função dessa familiaridade, o livro dá uma certa segurança e torna-se, assim, um grande aliado na organização e transmissão dos conteúdos. Por outro lado, a falta de um embasamento teórico que assegure ao professor uma avaliação crítica dos materiais didáticos acaba propiciando a perpetuação de graves equívocos conceituais entre os estudantes, situação ainda mais grave no caso da Paleontologia, uma ciência onde novidades surgem a cada dia.

A questão do despreparo profissional entre os docentes continua sendo um problema a ser enfrentado com seriedade tanto pelos sistemas de ensino, como por pesquisadores e formuladores dos currículos dos cursos de formação de professores. Nos últimos anos, com a finalidade de solucionar esta problemática que envolve o professor, um número crescente de espaços destinados à formação dos professores, tanto ao nível da graduação, como em programas de pós-graduação e formação em serviço têm sido criados.

No entanto, a formação inicial e os raros programas de capacitação direcionados aos professores da Escola Básica ainda estão muito mais voltados para as estratégias de ensino do que a uma formação teórica mais ampla. Por tudo isso, a discussão acerca do ensino de Ciências representa hoje mais que uma reflexão sobre saberes, métodos e conteúdos. Insere em seu bojo questões muito amplas, que exigem a contextualização histórica da função social do ensino de Ciências, para

que não se corra o risco de cair num receituário ou até de levar os professores de Ciências a julgarem-se incapazes.

* Assim, se o ensino de Paleontologia na Escola Básica pretende situar-se numa perspectiva que integre Ciência, Tecnologia e Cultura e que procure atender às demandas atuais da nossa sociedade, deverá ter como objetivo principal mostrar a sua ciência como um conhecimento que colabora para a compreensão do mundo e suas transformações. Numa sociedade que convive com a crescente intervenção da Ciência e da Tecnologia no dia-a-dia, a democratização do acesso ao conhecimento científico é vista como instrumento fundamental para a formação dos cidadãos e deve contribuir para a compreensão dos fenômenos da natureza, a utilização de recursos naturais e tecnológicos e para a reflexão sobre questões éticas implícitas nas interações entre Ciência, Sociedade e Tecnologia. A Paleontologia, neste sentido, não precisa ser vista como uma finalidade, mas sim, como um instrumento que contribuirá para a formação destes indivíduos atuantes dentro de nossa sociedade. Garantir a sua inserção nos diferentes segmentos educacionais deve ser um compromisso de todos os profissionais envolvidos na pesquisa e ensino em Paleontologia.

Referências

- CARVALHO, A.M.P. 1997. Ciências no ensino fundamental. *Cadernos de Pesquisa*, 101: 63-73.
- CUNHA, P.J. 2002. A educação para a mídia e a mídia para a educação. *Observatório da Imprensa*, qtv 22052002:1-3.
- LDB. 1996. LEI DE DIRETRIZES E BASES DA EDUCAÇÃO- Lei 9.394/96, Brasil, Brasília/DF.
- LEITE, M. 2000. A influência da mídia na educação. *Revista Mídia e Educação*, 9:1-3.
- LOPES, A.R.C. 1993. Reflexões sobre currículo: as relações entre senso comum, saber popular e saber escolar. *Em Aberto*, Brasília, 58:73-94.
- MARIN, E.B. & TERRAZZAN, E.A. 1997. Linguagem cotidiana e linguagem científica no ensino de Ciências nas séries iniciais. *Cadernos Cedes*, 41:19-36.
- MARQUES, R.B. 1999. A Paleontologia no Ensino Fundamental. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 14, Universidade Regional do Cariri, Crato, *Boletim de Resumos*, p. 66-67.
- MORTIMER, E.F. 1998. Sobre chamas e cristais: a linguagem cotidiana, a linguagem científica e o ensino de Ciências. In: CHASSOT, A. & OLIVEIRA, R.J. (orgs.). *Ciência, ética e cultura na educação*. São Leopoldo: UNISINOS, 270 p.
- PCN. 1996. Ministério da Educação e do Desporto - Secretaria do Ensino Fundamental - SEF-PARÂMETROS CURRICULARES NACIONAIS - Ciências Naturais - Brasília, DF, 136 p.
- SCHNETZLER, R.P. 1992. Construção do Conhecimento e Ensino de Ciências. *Em Aberto*. Brasília, 55:42-57.
- SCHWANKE, C. 2002. A Divulgação da Paleontologia através de atividades de Ensino e Extensão. PERSPECTIVAS DO ENSINO DE BIOLOGIA, VIII. Faculdade de Educação, USP, São Paulo. *Coletânea de Trabalhos*, 24179:1-3.
- SCHWANKE, C. & MELO, D. J. 2002. Organização de coleções didáticas em Paleontologia. PERSPECTIVAS DO ENSINO DE BIOLOGIA, VIII. Faculdade de Educação, USP, São Paulo. *Coletânea de Trabalhos*, 39180:1-3.
- SILVA, S.D. 1998. A Paleontologia nos livros didáticos de 1º Grau: um estudo qualitativo. *Acta Geologica Leopoldinensia*, 21(46/47):237-242.
- VEGA, S.S. 1999. Os museus e seu papel social. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PALEONTOLOGIA, 14, Universidade Regional do Cariri, Crato, *Boletim de Resumos*, p.121-122.
- WEISSMANN, H. 1998. *Didática das Ciências Naturais: Contribuições e Reflexões*. Porto Alegre: Artes Médicas, 244p.